

SKRIPSI

**NILAI pH RUMEN, PRODUKSI NH₃, VFA TOTAL
SECARA *IN VITRO* PADA PAKAN BENTUK *MASH*, WAFER,
DAN PELET BERBAHAN LIMBAH AGROINDUSTRI
KELAPA SAWIT**



OLEH:

VIRNA DIVYA RIMARSHA

12280123514

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN DAN PETERNAKAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2026**

SKRIPSI

**NILAI pH RUMEN, PRODUKSI NH₃, VFA TOTAL
SECARA *IN VITRO* PADA PAKAN BENTUK *MASH*, WAFER,
DAN PELET BERBAHAN LIMBAH AGROINDUSTRI
KELAPA SAWIT**



OLEH:

VIRNA DIVYA RIMARSHA

12280123514

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Peternakan**

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN DAN PETERNAKAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2026**

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Nilai pH Rumen, Produksi NH₃, VFA Total Secara *In Vitro* pada Pakan Bentuk *Mash*, Wafer, dan Pelet Berbahan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit

Nama : Virna Divya Rimarsha

NIM : 12280123514


Program Studi : Peternakan


Menyetujui,

Setelah diseminarkan pada tanggal 20 April 2026

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Triani Adelina, S.Pt, MP
 NIP. 19760322 200312 2 003

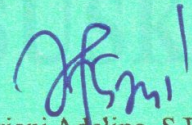

drh. Rahmi Febrivanti, M.Sc
 NIP. 19840208 200912 2 002

Mengetahui

Dekan,
 Fakultas Pertanian dan Peternakan

Ketua,
 Program Studi Peternakan


Dr. Arsyad Ali, S.Pt., M.Agr.Sc
 NIP. 19710706 200701 1 031


Dr. Triani Adelina, S.Pt, MP
 NIP. 19760322 200312 2 003



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

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 praktik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dr. Arsyad Ali, S.Pt., M.Agr.Sc
 NIP. 19710706 200701 1 031



HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan didepan tim penguji ujian Sarjana Peternakan pada Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan dinyatakan lulus pada tanggal 20 April 2026

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Restu Misrianti, S.Pt., M.Si	Ketua	
2.	Dr. Triani Adelina, S.Pt., MP	Sekretaris	
3.	drh. Rahmi Febriyanti, M.Sc	Anggota	
4.	Dr. Anwar Efendi Harahap, S.Pt., M.Si.	Anggota	
5.	Evi Irawati, S.Pt., MP	Anggota	

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Virna Divya Rimarsha
 NIM : 12280123514
 Tempat/Tanggal Lahir : Pekanbaru/ 1 Maret 2005
 Fakultas : Pertanian dan Peternakan
 Program Studi : Peternakan
 Judul Skripsi : Nilai pH Rumen, Produksi NH₃, VFA Total
 Secara *In Vitro* pada Pakan Bentuk *Mash*,
 Wafer, dan Pelet Berbahan Limbah
 Agroindustri Kelapa Sawit

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu skripsi saya ini, saya menyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai perundang-undangan yang berlaku di perguruan tinggi dan negara Republik Indonesia.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, April 2026

Yang membuat pernyataan



Virna Divya Rimarsha
 NIM. 12280123514

- 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 UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



PERSEMBAHAN

*“ Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna)
Kepada siapa yang dikehendaki-Nya.
Barang siapa yang mendapat hikmah itu
Sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak
Melainkan orang-orang yang berakal “.
(Q.S. AL-Baqarah: 269)*

*“... kaki yang akan berjalan lebih jauh, tangan yang akan berbuat lebih banyak,
mata yang akan menatap lebih lama, lapisan tekad yang serib kali lebih keras dan hati yang
akan bekerja lebih keras, serta mulut yang akan selalu berdoa...”*

*Alhamdulillahirobbil alamin... Alhamdulillahirobbil alamin...
Alhamdulillahirobbil alamin...*

*Akhirnya aku sampai ke titik ini,
keberhasilan yang Engkau hadiahkan padaku ya Rabb
Tak henti-hentinya aku mengucapkan syukur pada Mu ya Rabb
Semoga sebuah karya mungil ini menjadi amal shaleh bagiku dan menjadi
kebanggaan bagi keluargaku tercinta
Ayah.... Ibu....*

*Tiada cinta yang paling suci selain kasih sayang Ayah dan Ibu.
Setulus hatimu ibu, searif arahanmu ayah.
Doamu hadirkan keridhaan untukku, Petuahmu tunjukkan jalan ku
Pelukmu berkahi hidupku, Dan sebat dia telah merangkul diriku
Menuju hari depan yang cerah*

*Ataukah perjuangan yang tidak pernah kuketahui,
Doakan agar kelak anakmu ini menjadi orang yang sukses
Dalam menjalani kehidupannya nanti, Terima kasih Ayah dan Ibu
Salam sayangku selalu untuk Ayah dan Ibu.*



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul **“Nilai pH Rumen, Produksi NH₃, VFA Total Secara *In Vitro* pada Pakan Bentuk *Mash*, Wafer, dan Pelet Berbahan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Peternakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Pada kesempatan bahagia ini penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi baik secara langsung maupun tidak langsung.

1. Teristimewa penulis mempersembahkan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta yang telah menjadi sumber kasih sayang, doa, serta kekuatan dalam setiap langkah kehidupan saya. Kepada Ayahanda Rinaldi, S.E., M.M. (Alm) yang semasa hidupnya telah memberikan perjuangan, teladan, *support system* terbesar dan penyemangat yang menjadi motivasi bagi penulis untuk terus berusaha meraih cita-cita. Kepada Ibunda Fitri Yani, S.AP yang senantiasa mendidik, membimbing, memberikan nasihat, serta tidak pernah lelah mendoakan setiap langkah penulis, serta saudara (abang dan adik) penulis, Viery Fernando, A.Md. Tra dan Vinri Trivya Rikhesa, yang selalu memberikan dukungan dan doa'nya selama ini.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti MS, SE, M.Si, Ak selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kaim Riau.
3. Bapak Dr. Arsyadi Ali, S.Pt., M.Agr.Sc selaku Dekan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Restu Misrianti, S.Pt., M.Si selaku Wakil Dekan I, Bapak Prof. Dr. Zulfahmi, S. Hut., M.Si selaku Wakil Dekan II, dan Bapak Dr. Deni Fitra, S.Pt., M.P selaku Wakil Dekan III Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Ibu Dr. Triani Adelina, S.Pt., M.P selaku Ketua Program Studi Peternakan dan Ibu Dr. agr. Wieda N. H. Zain, S.Pt., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Ibu Dr. Triani Adelina, S.Pt., M.P selaku dosen pembimbing I dan Ibu drh. Rahmi Febriyanti, M.Sc selaku dosen pembiibing II sekaligus dosen Penasehat Akademik (PA) penulis, yang telah banyak memberikan kritik, saran, arahan, masukan, serta bimbingan dan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Bapak Dr. Anwar Efendi Harahap, S.Pt., M.Si selaku dosen penguji I dan Ibu Evi Irawati, S.Pt., M.P selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan kritik dan sarannya untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
8. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademika Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau yang telah membantu penulis dalam mengikuti aktivitas perkuliahan, yang selalu melayani dan mendukung dalam hal administrasi dengan baik.
9. Teman seperjuangan “ Tim Penelitian BRIN Kelapa Sawit”, yakni Fawezt Auguzlaw, Helfands Deskiminata, M. Bayu Mukti Sitorus, Nurhaida Riski Siregar, dan Tria Kontesa yang telah melewati masa-masa berjuang bersama dari awal penulisan proposal, penelitian hingga selesainya skripsi ini.
10. Sahabat seperjuangan yang telah penulis anggap sebagai saudara, Jeanivier Tora Olivia, Rahma Dayanti Br Kaban, dan Alya Yonika Pamela yang selalu menemani di setiap langkah, memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis agar bisa menyelesaikan skripsi ini dan selalu menjadi tempat suka duka bagi penulis selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman angkatan 2022 terkhusus untuk kelas E, yang telah sama-sama berjuang dari awal perkuliahan sampai saat ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang diberikan.
12. Teman-teman tim PKL yang tidak bisa penulis sebutkan satu persattu terimakasih atas dukungan, motivasi, dan kebersamaannya.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

13. Teman-teman program *Credit Earning* Fakultas Peternakan Universitas Andalas Padang, atas kebersamaan, dukungan, serta pengalaman berharga yang telah dilalui bersama. Seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

14. Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan BRIN Batch 8 Tahun 2025 sebagai penyandang dana penelitian. Dukungan pendanaan ini sangat membantu terlaksanannya penelitian serta penyusunan skripsi ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

15. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah mampu bertahan, berusaha, dan berjuang hingga sampai pada tahap ini. Penulis mampu melewati berbagai tekanan diluar keadaan dan kehilangan seseorang yang sangat berarti dalam hidup, namun penulis tetap berusaha untuk bangkit dan melanjutkan perjuangan. Setiap langkah, usaha, kerja keras, dan kesabaran yang dilalui menjadi pembelajaran yang berharga dalam proses pendewasaan diri. Penulis juga bersyukur karena mampu mengendalikan diri dalam berbagai keadaan dan tidak pernah menyerah meskipun proses penyusunan skripsi ini penuh dengan tantangan. Pencapaian ini merupakan bentuk kebanggaan bagi penulis karena telah berusaha menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik dan semaksimal mungkin. Terima kasih kepada diri sendiri yang tetap kuat dan mampu bertahan hingga detik ini.

Semoga Allah Subhanahu Wata`ala melimpahkan berkah dan taufik-Nya pada kita semua dan skripsi ini bermanfaat bukan hanya bagi penulis tapi juga untuk seluruh pembaca, Amin ya Robbal`alamin.

Pekanbaru, April 2026

Penulis



RIWAYAT HIDUP



Virna Divya Rimarsha dilahirkan di Pekanbaru, Provinsi Riau pada tanggal 1 Maret 2005. Lahir dari pasangan alm. Ayahanda Rinaldi dan Ibunda Fitri Yani, yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Mulai pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 026 Pematang Reba, Kecamatan Rengat Barat, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau pada tahun 2011 dan tamat pada tahun 2016.

Pada Tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan SMPN 1 Rengat Barat dan tamat pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan SMAN 1 Rengat Barat dan tamat pada tahun 2022.

Pada tahun 2022 melalui jalur SMMPTN-BARAT, penulis diterima menjadi mahasiswa pada Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selama masa kuliah, pada bulan Februari sampai Juli 2024 penulis mengikuti program *Credit Earning* di Fakultas Peternakan Universitas Andalas, Padang. Pada bulan Juli sampai Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Serambi *Milk*, Kota Padang Panjang, Provinsi Sumatera Barat. Pada bulan September sampai Desember 2024 penulis mengikuti kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di BPTU-HPT Padang Mengatas, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Pada bulan Juli sampai Agustus 2025 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wonosari, Kecamatan Lirik, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau.

Pada bulan September sampai November 2025 penulis melaksanakan penelitian di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pada tanggal 20 April 2026 dinyatakan lulus dan berhak menyanggah gelar Sarjana Peternakan (S.Pt) melalui sidang tertutup Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan kesehatan dan keselamatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Nilai pH Rumen, Produksi NH₃, VFA Total Secara *In Vitro* pada Pakan Bentuk *Mash*, Wafer, dan Pelet Berbahan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit**”. Skripsi ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Triani Adelina, S.Pt, MP sebagai dosen pembimbing I dan Ibu drh. Rahmi Febriyanti, M.Sc sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan motivasi sampai selesainya skripsi ini. Kepada seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu penulis di dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih dan semoga mendapatkan balasan dari Allah Subhanahu wa Ta'ala untuk kemajuan kita semua dalam menghadapi masa depan nanti.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua baik untuk masa kini maupun untuk masa yang akan datang.

Pekanbaru, April 2026

Penulis

- 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 UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



NILAI pH RUMEN, PRODUKSI NH₃, VFA TOTAL SECARA *IN VITRO* PADA PAKAN BENTUK *MASH*, WAFER, DAN PELET BERBAHAN LIMBAH AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT

Virna Divya Rimarsha (12280123514)

Dibawah bimbingan Triani Adelina dan Rahmi Febriyanti

INTISARI

Provinsi Riau memiliki perkebunan kelapa sawit yang luas sehingga menghasilkan berbagai limbah agroindustri seperti pelepah sawit, *fiber*, lumpur sawit, dan bungkil inti sawit yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan ruminansia. Bentuk fisik pakan seperti mash, pelet, dan wafer memiliki karakteristik kepadatan, ukuran partikel, serta daya ikat yang berbeda sehingga dapat memengaruhi kecepatan konsumsi, aktivitas mikroba, dan proses degradasi pakan di dalam rumen. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik fermentasi rumen secara *in vitro* pada ransum berbahan limbah agroindustri kelapa sawit dengan berbagai bentuk fisik pakan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 3×3 dengan dua ulangan, yaitu faktor A (formulasi ransum) : A1= 60% hijauan + 40% konsentrat; A2= 50% hijauan + 50% konsentrat; dan A3= 40% hijauan + 60% konsentrat. Faktor B (bentuk fisik pakan) : B1= *mash*, B2= pelet, dan B3= wafer. Parameter yang diamati meliputi pH cairan rumen, konsentrasi NH₃, dan VFA total. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara formulasi ransum dan bentuk fisik pakan terhadap ketiga parameter tersebut. Perlakuan A3B3 menghasilkan pH rumen tertinggi, sedangkan produksi NH₃ dan VFA total tertinggi diperoleh pada perlakuan A2B2 dan A3B2. Secara keseluruhan, perlakuan terbaik diperoleh pada A2B2 (50% hijauan + 50% konsentrat dalam bentuk pelet) dan A3B2 (40% hijauan + 60% konsentrat dalam bentuk pelet) dengan nilai NH₃ ±11,41 mM dan VFA total ±145,95 mM yang menunjukkan fermentasi rumen lebih optimal.

Kata Kunci : Limbah sawit, ransum komplit, bentuk fisik pakan, fermentasi rumen.

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



IN VITRO RUMEN PH, NH₃, VFA PRODUCTION IN MASH, WAFER, AND PELLETS FEED MADE FROM PALM OIL AGROINDUSTRIAL WASTE

Virna Divya Rimarsha (12280123514)
Under the guidance of Triani Adelina and Rahmi Febriyanti

ABSTRACT

Riau Province has extensive oil palm plantations that produce various agroindustrial wastes such as oil palm fronds, fiber, palm sludge, and palm kernel cake which have potential to be utilized as ruminant feed ingredients. The physical forms of feed, such as mash, pellets, and wafers, differ in density, particle size, and binding capacity, which may affect feed intake rate, microbial activity, and rumen feed degradation. This study aimed to determine the characteristics of rumen fermentation in vitro in rations made from oil palm agro-industrial waste with different physical forms of feed. The experiment used a 3×3 factorial Completely Randomized Design (CRD) with two replications. Factor A were (ration formulation) : A1= 60% forage + 40% concentrate; A2= 50% forage + 50% concentrate; and A3= 40% forage + 60% concentrate. Factor B were (feed physical form) : B1= mash, B2= pellet, and B3= wafer. The observed parameters included rumen fluid pH, NH₃ concentration, and total VFA production. The results showed an interaction between ration formulation and feed physical form on all observed parameters. Treatment A3B3 produced the highest rumen pH, while the highest NH₃ and total VFA production were obtained in treatments A2B2 and A3B2. Overall, the best treatment is A2B2 (50% forage + 50% concentrate in pellet form) and A3B2 (40% forage + 60% concentrate in pellet form) with NH₃ value of approximately 11,41 mM and total VFA of approximately 145,95 mM, indicating more optimal rumen fermentation.

Keywords: Oil palm waste, complete ration, feed physical form, rumen fermentation.



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
INTISARI.....	ii
ABSTRACT.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR SINGKATAN.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Limbah Kelapa Sawit.....	5
2.2. Ransum Komplit.....	9
2.3. Wafer.....	9
2.4. Pelet.....	10
2.5. Karakteristik Rumen.....	12
III. MATERI DAN METODE.....	19
3.1. Tempat dan Waktu.....	19
3.2. Bahan dan Alat.....	19
3.3. Metode Penelitian.....	19
3.4. Prosedur Penelitian.....	21
3.5. Parameter Penelitian.....	22
3.6. Analisis Data.....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. pH (<i>Potential of Hydrogen</i>) Cairan Rumen.....	26
4.2. Amonia (NH ₃).....	29
4.3. Asam Lemak Terbang (<i>Volatile Fatty Acid/VFA</i>).....	33
V. PENUTUP.....	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	45

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dilindungi Undang-Undang
UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Saifuddin Kasim Riau

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3. 1. Kandungan Nutrisi Bahan Pakan Limbah Kelapa Sawit	20
3. 2. Susunan Perlakuan <i>Mash</i> , Pelet, dan Wafer	20
3. 3. Tabel <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	24
4. 1. Rataan Produksi pH	26
4. 2. Rataan Produksi NH ₃ (mM)	29
4. 3. Rataan Produksi VFA Total (mM).....	33

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar

	Halaman
2. 1. Pelepah Sawit	6
2. 2. Serat Buah Kelapa Sawit.....	6
2. 3. Lumpur Sawit.....	7
2. 4. Bungkil Inti Sawit	8

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR SINGKATAN

ADF	: <i>Acid Detergent Fiber</i>
BETN	: Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen
BIS	: Bungkil Inti Sawit
BK	: Bahan Kering
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
KA	: Kadar Air
LK	: Lemak Kasar
LMS	: Lumpur Minyak Sawit
NDF	: <i>Neutral Detergent Fiber</i>
NSP	: <i>Non-Starch Polysaccharide</i>
pH	: <i>Potential of Hydrogen</i>
PK	: Protein Kasar
SBKS	: Serat Buah Kelapa Sawit
SK	: Serat Kasar
TDN	: <i>Total Digestible Nutrient</i>
TMR	: <i>Total Mixed Ration</i>
VFA	: <i>Volatile Fatty Acid</i>

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

	Halaman
1. Analisis Derajat Keasaman (pH).....	45
2. Analisis Amonia (NH ₃)	50
3. Analisis VFA Total	55
4. Dokumentasi Penelitian	60

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Riau dikenal sebagai pusat perkebunan kelapa sawit utama di Indonesia. Kemampuan perkebunan ini dalam menghasilkan minyak nabati, mempunyai peran yang penting dalam kegiatan perekonomian di Riau banyak dibutuhkan oleh sektor industri. Perkebunan kelapa sawit pada tahun 2023 di Provinsi Riau memiliki luas areal mencapai 3.494.583 ha dan produksi kelapa sawit sebesar 9.222.465 ton. Bisnis industri kelapa sawit juga menghasilkan berbagai limbah hijauan dan agroindustri yaitu pelepah sawit, serat sawit (*fiber*), lumpur sawit (*solid decanter*), dan bungkil inti sawit (*palm kernel meal*) disamping produk utamanya yaitu CPO. Bahan limbah tersebut dapat berfungsi sebagai komponen bahan pakan alternatif bagi ternak ruminansia karena mengandung nutrisi yang mendukung efisiensi sistem peternakan dan mengurangi ketergantungan hijauan konvensional di daerah perkebunan (Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, 2025).

Komponen nutrisi yang meningkatkan efisiensi sistem peternakan dan mengurangi hijauan konvensional di daerah perkebunan, menjadikan beragam bahan limbah agroindustri berpotensi digunakan sebagai bahan pakan alternatif bagi ternak ruminansia. Nilai nutrisi pelepah sawit terdiri dari 97,39% BK, 3,96% abu, 2,23% PK, 47,00 % SK, 3,04% LK, 76,09% NDF, 57,56% ADF, 18,51% hemiselulosa, 14,23% lignin, dan 43,00% selulosa (Manurung dan Negara, 2024). Serat dari pengolahan limbah kelapa sawit merupakan sisa perasan buah sawit yang berbentuk serabut (*fiber*) seperti benang. Serabut (*fiber*) dari buah kelapa sawit mengandung 4% PK dan SK 36% serta 26% lignin juga mengandung 2637–3998 kkal/kg (Triana dan Sani, 2022). Lumpur sawit sebagai produk sampingan dari proses pemerasan minyak sawit untuk menghasilkan CPO mengandung 12% PK, 18% SK, 9,9% LK, 0,65%, fosfor, 1,24% kalsium dan memiliki kandungan energi metabolis sebesar 1717 kkal/kg (Marwah dkk., 2016). Bungkil inti sawit adalah residu yang diperoleh dari ekstraksi inti buah sawit yang minyaknya telah diambil dan mengandung 93,4-95,9% BK, 17,3-17,9% PK, 14,4-14,9% SK, 5,4-6,2% LK, dan 4,4-5,4% abu (Setiana dkk., 2024).

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Populasi dan produktivitas pada ternak yang meningkat membuat kualitas karkas atau daging terus diupayakan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan protein hewani seiring dengan pertumbuhan penduduk. Ternak ruminansia mampu memanfaatkan pakan yang tinggi akan serat, termasuk limbah pertanian yang dimanfaatkan sebagai pangan manusia. Bahan pakan alternatif untuk serat pengganti rumput atau hijauan salah satunya yaitu pelepah kelapa sawit yang berasal dari limbah hasil pertanian (Ramon dkk., 2020). Kondisi nutrisi berbagai bahan limbah sawit memiliki karakteristik nutrisi yang berbeda. Bila diberikan dalam bentuk tunggal pada ternak ruminansia dikhawatirkan tidak mencukupi kebutuhan hidup pokok dan produksi ternak secara keseluruhan. Oleh karena itu, perlu diformulasikan dalam bentuk ransum komplit sehingga mudah diberikan ke ternak, berupa pengelolaan bahan pakan lokal yang berasal dari limbah agroindustri dengan teknologi pakan komplit.

Complete Feed (pakan komplit) adalah ransum lengkap yang diformulasikan secara khusus sehingga terdapat semua kandungan nutrisi yang dibutuhkan ternak (Syaiful dan Agustin, 2019). Pemberian ransum komplit berbasis limbah sawit dapat memperbaiki efisiensi pemberian pakan serta menekan biaya produksi, karena bahan-bahan tersebut tersedia melimpah dan murah yang mendukung keberlanjutan dan efisiensi dalam sistem peternakan (Dewi dkk., 2016). Ransum komplit dirancang untuk memenuhi kebutuhan nutrisi seperti protein, energi, dan unsur-unsur lain sebagai pemeliharaan dalam meningkatkan produksi ternak tanpa memerlukan zat tambahan lain selain air (Firdus dkk., 2024).

Pemberian pakan ransum komplit pada ternak pada ternak ruminansia dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit dapat dilakukan dalam berbagai bentuk fisik, yaitu *mash* (halus), pelet, dan wafer. Pakan kering ini melalui serangkaian proses, termasuk pengeringan, penggilingan, formulasi, pemadatan dan pencetakan yang membuat pemberian pakan ternak lebih sederhana dan efektif (Adelina, 2024). Setiap bentuk fisik tersebut memiliki karakteristik tertentu yang pemberiannya lebih efisien untuk kinerja pencernaan ternak sehingga berpengaruh terhadap nilai konversi ransum. Jenis pakan padat paling dasar yang dapat dibuat adalah pakan *mash* yang terbuat dari campuran komponen yang telah dihaluskan dan digabung



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dalam proporsi tertentu tergantung pada kebutuhan nutrisi ternak. Pakan pelet adalah jenis pakan yang telah menggumpal karena pakan yang tercampur melewati cetakan secara mekanis. Pakan yang telah dipanaskan (*heating*) dan dipadatkan (*pressing*) untuk menghasilkan produk yang padat berdensitas tinggi disebut dengan pakan wafer (Retnani dkk., 2020).

Salah satu bentuk pengukuran kualitas pakan adalah melalui *in vitro*. *In vitro* merupakan suatu metode analisis dengan mensimulasikan kondisi fisiologis dalam rumen saat melakukan penelitian di luar tubuh ternak, sehingga memungkinkan peneliti menilai proses fermentasi pakan tanpa harus langsung melakukan pengujian pada ternak. Melalui metode ini, dapat diamati parameter penting yang menggambarkan tingkat degradasi pakan, seperti pH, NH_3 , dan total VFA. Nilai pH rumen biasanya dipertahankan pada kisaran 6-7 untuk mempertahankan aktivitas mikroba, sedangkan konsentrasi NH_3 menunjukkan ketersediaan nitrogen untuk sintesis protein mikroba. VFA total merupakan hasil utama fermentasi karbohidrat oleh mikroba rumen, berperan menjadi sumber energi utama bagi ruminansia dan terdiri atas asam asetat, propionat, serta butirat. Laju fermentasi dan degradasi ditentukan oleh kepadatan pakan dan ukuran partikel membuat bentuk fisik pakan, baik berupa wafer dan pelet yang sangat mempengaruhi nilai-nilai tersebut. Pakan dalam bentuk pelet umumnya mempercepat fermentasi sehingga menghasilkan VFA lebih tinggi, tetapi bisa menurunkan pH lebih cepat. Pakan bentuk wafer dapat menjaga kestabilan pH dengan peningkatan NH_3 . Pengukuran pada pH, NH_3 , dan VFA total melalui analisis *in vitro* menjadikan indikator penting untuk menilai kualitas fermentasi dan efektivitas bentuk fisik pakan dalam mendukung kinerja rumen serta produktivitas ternak (Tandang dkk., 2024).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perlakuan bentuk fisik maupun metode pengolahan limbah kelapa sawit berpengaruh terhadap karakteristik rumen. Pelelepah sawit yang diberikan perlakuan urea dan molases mampu menjaga kestabilan pH rumen, meningkatkan konsentrasi NH_3 , serta VFA total yang lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan (Chanjula *et al.*, 2021). Pemberian wafer atau pelet limbah kelapa sawit 0%, 25%, 50%, dan 75% yang diformulasikan sebagai pengganti konsentrat juga tidak menurunkan pH rumen secara signifikan,



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tetapi dapat meningkatkan total VFA sesuai tingkat penggunaannya. Pakan yang berbentuk *mash* dipilih menjadi ransum yang digiling secara halus kemudian dikombinasikan (Lunsin *et al.*, 2021). Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian dengan judul “ Nilai pH Rumen, Produksi NH₃, VFA Total Secara *In Vitro* pada Pakan Bentuk *Mash*, Wafer, dan Pelet Berbahan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit “.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan yaitu untuk mengetahui nilai karakteristik rumen meliputi pH rumen, produksi NH₃, dan nilai VFA total secara *In Vitro* dari berbagai bentuk fisik pakan berbahan limbah agroindustri kelapa sawit.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan beberapa informasi dalam pengembangan teknologi pakan berbahan limbah agroindustri kelapa sawit melalui perlakuan fisik yang berbeda, sehingga diperoleh untuk pakan yang paling efektif dalam meningkatkan kualitas fermentasi rumen secara *In Vitro*. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti dan membantu peternak dalam memilih bentuk pakan yang paling tepat dalam memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai bahan pakan alternatif yang ekonomis dan memberikan solusi terhadap hambatan pada kualitas dan ketersediaan pakan bagi ternak ruminansia.

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah terdapat interaksi antara formulasi ransum dan bentuk fisik pakan berbahan limbah agroindustri kelapa sawit dapat memperbaiki nilai fermentasi rumen secara *In Vitro* meliputi pH rumen, produksi NH₃, dan VFA Total.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1. Pelepah Sawit
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Nutrisi yang terkandung pada pelepah sawit, terdiri atas 97,39% BK, 3,96% abu, 2,23% PK, 47,00% SK, 3,04% LK, 76,09% NDF, 57,56% ADF, 18,51% hemiselulosa, 14,23% lignin, dan 43,00% selulosa. Pelepah sawit yang dimanfaatkan untuk pakan masih terbatas karena kandungan ligninnya yang tinggi, dengan daya cerna bahan keringnya hanya 45%. Kendala utama pelepah sawit yang digunakan untuk pakan terdapat pada 20% kadar lignin dari biomassa kering, sehingga menjadi pembatas (Darmansyah dkk., 2023). Pelepah sawit akan menghasilkan tingginya gas metana yang merugikan ternak ruminansia kehilangan 6-10% energi bruto dari pakan yang dikonsumsi sebagai gas metana dalam penggunaan pakan berkualitas rendah (Nurhaita dkk., 2020).

Serat buah kelapa sawit (Gambar 2.2) adalah limbah dari proses pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya belum memadai. SBKS ini berpotensi sebagai bahan bakar dalam perebusan buah kelapa sawit yang menghasilkan abu yang dapat digunakan untuk pupuk. SBKS berbentuk serabut seperti benang yang mengandung 26% lignin dan mempunyai 2637 –3998 kkal/kg (Triannah dan Sani, 2022).



Gambar 2. 2. Serat Buah Kelapa Sawit
Sumber : Dokumentasi Pribadi (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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pemanfaatan SBKS yang digunakan untuk bahan pakan ternak terbatas karena kadar ligninnya terlalu tinggi yang mengakibatkan gangguan pencernaan, oleh karena itu, upaya yang dilakukan yaitu meminimalkan dan menghilangkan sepenuhnya kadar lignin agar dapat memaksimalkan nilai serat sawit sebagai unsur dalam pakan ternak (Musnandar dan Hoesni, 2018). Pada ternak ruminansia, serat sawit diantisipasi untuk melengkapi atau sepenuhnya menggantikan fungsi rumput sebagai bahan pakan sumber serat (sumber energi). Kadar protein kasar, serat kasar, dan mineral pada rumput hampir identik dengan kandungan nutrisi serat sawit (Yuliana dan Syahputra, 2018). Menurut Juliantoni dkk. (2018) kelebihan SBKS pada bahan baku ternak ruminansia yaitu dengan mengkombinasikan pakan lain yang lebih mudah dicerna, seperti rumput dan konsentrat. Pemrosesan yang tepat dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit berupa serat sawit dapat mengurangi ketergantungan pada pakan impor dan meningkatkan efisiensi biaya pakan. Kandungan nutrisi yang terdapat pada SBKS meliputi 8,34% KA, 91,66% BK, 4,36% PK, 32,19% SK, 3,58% LK, 5,61% abu, dan 54,26% BETN.

Lumpur sawit (Gambar 2.3) merupakan produk limbah perkebunan yang digunakan sebagai pakan ternak. Berasal dari proses industri kelapa sawit, residu ini dipisahkan dari limbah cair dan disebut sebagai limbah padat. Inovasi dilakukan dalam memanfaatkan bahan baku lokal yang murah, berkelanjutan, bergizi, selalu tersedia dan aman tanpa bersaing dengan kebutuhan manusia, salah satunya yaitu pemanfaatan LMS sebagai bahan pakan yang memenuhi syarat bahan pakan alternatif (Solehudin dkk., 2022).



Gambar 2. 3. Lumpur Sawit
Sumber : Dokumentasi Pribadi (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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lumpur sawit memiliki kandungan nutrisi seperti 90% BK, 9,6-15,52% PK, 10,5% LK, 11,5-32,9% SK, 9,25% abu, 0,50-0,97% Ca, dan 0,17-0,75% fosfor. Tingginya kandungan serat dan fraksi serat (kadar lignin) LMS membatasi penggunaannya sebagai pakan ruminansia. Daya simpan LMS segar yang rendah dan mudah mengalami pembusukan, sehingga dikhawatirkan menurunkan palatabilitas bagi ternak (Huwani dkk., 2023).

Konsumsi dan pencernaan ransum dapat ditingkatkan dengan pemberian hingga 10 kg bahan lokal fermentasi dan konsentrat berbahan dasar lumpur kelapa sawit. Mineral harus ditambahkan ke limbah kelapa sawit agar lebih bermanfaat, karena sumber pakan limbah biasanya memiliki kadar mineral makro dan mikro yang rendah. Mineral organik seperti Zn-lisinat sangat mudah diperoleh, sehingga penambahannya lebih menguntungkan (Badarina dkk., 2017).

Bungkil inti sawit (Gambar 2.4) merupakan hasil sampingan dari ekstraksi minyak sawit, dan mudah diperoleh dalam jumlah yang memadai. Kandungan nutrisi BIS yang berpotensi sebagai pakan ternak yaitu 14%-19,6% PK, 3%-9% LK, 12%-20% SK, dan beberapa komponen mineral yang dapat menggantikan sebagian jagung dan kedelai. Selain itu, BIS juga mengandung NSP suatu zat antinutrisi yang mempengaruhi saluran pencernaan unggas sehingga menghambat pencernaan dan penyerapan nutrisi (Foni dkk., 2023).



Gambar 2. 4. Bungkil Inti Sawit
 Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

Nilai nutrisi BIS dapat ditingkatkan dengan berbagai metode, seperti perlakuan kimia, biologis, dan fisik. Meskipun perlakuan biologis membutuhkan kadar air pada substrat 50-60% untuk hasil terbaik, perlakuan kimiawi berpotensi meninggalkan sisa residu bagi ternak. Tahapan ini relatif memakan waktu serta mengakibatkan masuknya mikroorganisme kontaminan dan membutuhkan biaya



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pengeringan yang tinggi jika digunakan dalam skala besar. Sementara itu, perlakuan fisik seperti pemanasan, pengeringan, penggilingan, pengayakan serta proses ekstrusi dinilai lebih praktis karena mampu menurunkan kadar air, mengurangi kontaminasi, serta memperbaiki pencernaan serat kasar (Mah dkk., 2017).

2.2. Ransum Komplit

Ransum komplit atau *Total Mixed Ration* adalah bentuk pakan yang menggabungkan keseluruhan bahan pakan (baik pakan hijauan, konsentrat, serta suplemen) menjadi satu campuran yang homogen dan seimbang secara nutrisi. Sistem ini bertujuan guna menjamin setiap gigitan yang dikonsumsi oleh ternak mengandung proporsi nutrisi yang sama, sehingga efisiensi penggunaan pakan meningkat dan performa ternak dapat dioptimalkan (Marlida dkk., 2019).

Penerapan ransum komplit telah terbukti meningkatkan konsumsi bahan kering, pencernaan nutrisi, serta penambahan bobot badan pada ternak ruminansia, baik sapi potong, sapi perah, maupun kambing dan domba. Formulasi ransum komplit dapat menjadikan limbah pertanian dan agroindustri sebagai sumber bahan pakan, yang berkontribusi pada efisiensi biaya dan mendukung sistem peternakan berkelanjutan sebagai kapasitas pakan untuk memenuhi kebutuhan ternak untuk menopang kehidupan sesuai dengan tujuan produksi yang sangat penting, karena 60-70% biaya produksi berasal dari pemberian pakan (Wijayanti dan Syamsu, 2021).

2.3. Wafer

Wafer ransum komplit adalah bahan pakan yang terbuat dari konsentrat dan hijauan sebagai sumber serat yang dibentuk menjadi kubus atau silinder untuk memenuhi kebutuhan ternak. Pembuatan wafer memerlukan adanya keberadaan binder sebagai perekat dan pengikat antar komponen bahan pakan untuk menjaga kekompakan strukturnya (Harahap dkk., 2020). Mengubah pakan menjadi bentuk wafer umumnya hanya menyebabkan sedikit perubahan pada kandungan nutrisinya. Namun demikian, pemanasan membuat protein terdenaturasi, sehingga ketersediaan pada biologis protein pakan menurun (Abraha *et al.*, 2018).

Retnani dkk. (2020) menyatakan bahwa wafer pakan dibuat melalui tahapan penggilingan bahan baku untuk memperkecil ukuran partikel, kemudian



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diformulasikan sesuai kebutuhan nutrisi, dicampur dengan perekat cair seperti CPO, lalu dipadatkan dengan tekanan tinggi (200–300 kg/cm²) dan dipanaskan pada suhu 95–120°C selama 10–15 menit, sebelum akhirnya didinginkan. Kualitas wafer ditandai dengan kadar air rendah (9–15%), densitas tinggi, palatabilitas baik akibat adanya reaksi karamelisasi, serta nutrisi yang relatif stabil karena tidak semua bagian terkena panas. Penelitian menunjukkan bahwa wafer berbasis limbah pertanian, seperti jerami padi atau kulit buah kakao, mampu meningkatkan konsumsi bahan kering, bobot badan, dan efisiensi pakan pada ternak ruminansia dibandingkan pakan bentuk mash maupun pelet. Kenggulan dalam mempunyai manfaat yang sama antara wafer pakan dengan pakan berbentuk *cube* yaitu mengurangi pakan terbuang, kontrol konsumsi pakan yang lebih baik, asupan nutrisi yang konsisten, lebih sedikit debu, penanganan yang mudah, mengurangi kebutuhan area penyimpanan, biaya transportasi lebih rendah, dan proses transportasi lebih sederhana.

Penerapan teknologi pengolahan wafer pakan berpotensi meningkatkan produktivitas dan efisiensi pemanfaatan pakan sekaligus menjamin ketersediaan pakan dengan kandungan nutrisi yang stabil sepanjang musim. Pembuatan pakan wafer menggunakan bahan baku yang ekonomis dan mudah diperoleh dibandingkan dengan pakan komersial, seperti pelet. Wafer dapat mengatasi kelangkaan pakan hijauan pada musim kemarau (Azizah dan Indriani, 2024).

2.4. Pelet

Pelet merupakan bentuk pakan padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan dan pencetakan bahan pakan yang halus dengan tekanan dan panas sehingga menghasilkan butiran seragam yang mudah dikonsumsi oleh ternak. Penggunaan pelet dari limbah kelapa sawit seperti tandan kosong, pelepah, dan sabut menjadi alternatif sumber pakan yang potensial untuk ternak ruminansia karena ketersediaannya yang berlimpah serta memiliki kadar serat yang tinggi. Namun, bahan limbah ini memerlukan pengolahan khusus agar nilai gizinya dapat meningkat dan lebih mudah dicerna oleh ruminansia. Proses pembuatan pelet tidak hanya meningkatkan kepadatan dan palatabilitas pakan, tetapi juga dapat memperbaiki pencernaan serat melalui perlakuan fisik dan termal (Sari dan Hasan, 2020).



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menurut penelitian Harahap dkk. (2021) Pelet dibuat dengan cara menggiling bahan baku pakan menjadi *mash*, kemudian dicampur dengan perekat molases sebanyak 5–10%, dicetak menggunakan mesin *pelleter* hingga berbentuk butiran berukuran 2–3 cm, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari atau pendingin mekanis. Penggunaan bungkil inti sawit hingga 30% dengan tambahan molases 10% menghasilkan kualitas pelet terbaik, ditinjau dari kerapatan pepadatan, kadar protein kasar, dan serat kasar yang seimbang untuk pakan. Prasetyo dan Wibowo (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan pelet limbah kelapa sawit yang diberi perlakuan enzimatik dapat memperbaiki nilai nutrisi dan meningkatkan efisiensi pakan pada ternak ruminansia.

Rahman dkk. (2021) melaporkan bahwa pelet yang mengandung limbah kelapa sawit dengan tambahan mikroba fermentasi meningkatkan efisiensi pencernaan dan performa produksi ternak ruminansia secara signifikan. Putra dan Wulandari (2019) juga menemukan bahwa pelet berbasis limbah kelapa sawit yang diformulasikan dengan konsentrat dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan pada ruminansia dibandingkan pakan konvensional. Penelitian dari Yuliana Suryanto (2022) juga menunjukkan bahwa pelet limbah kelapa sawit yang diperkaya dengan probiotik mampu meningkatkan aktivitas enzim pencernaan dan keseimbangan mikroba rumen. Sehingga memperbaiki produktivitas ternak ruminansia.

Mash merupakan bentuk pakan paling sederhana, yaitu campuran bahan gilingan tanpa melalui proses pemanasan atau pepadatan tambahan. Cara pembuatannya hanya melibatkan pencampuran bahan pakan sesuai formulasi, sehingga biaya produksi rendah dan praktis diberikan. Kualitas *mash* seringkali rendah karena mudah berdebu, tercecer, dan bahan penyusunnya dapat terpisah (segregasi) saat distribusi atau penyimpanan. Penelitian menunjukkan bahwa meskipun *mash* cukup efisien dari sisi energi dalam pembuatannya, tingkat kecernaan dan efisiensi penggunaannya lebih rendah dibandingkan pelet dan wafer, sehingga ternak yang diberi *mash* cenderung memiliki performa pertumbuhan dan efisiensi pakan yang kurang optimal (Retnani dkk., 2020)



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5. Karakteristik Rumen

Fermentasi rumen merupakan suatu metode dimana substrat diubah menjadi produk yang diinginkan dengan bantuan mikroorganisme. Produk fermentasi asam sitrat sangat penting untuk menggunakan substrat sebagai media pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi yang melibatkan sifat-sifat mikroorganisme seperti bakteri dan ragi untuk mengawetkan, mengubah tekstur dan meningkatkan atribut sensori makanan. Proses fermentasi dapat berlangsung apabila terdapat gula yang difermentasikan oleh *yeast* menjadi etanol dan karbondioksida (CO₂) (Fitria dkk., 2024). Terdapat manfaat lain dari fermentasi yaitu dapat meningkatkan nilai pencernaan memiliki kemampuan memodifikasi senyawa organik menjadi lebih sederhana yang dapat meningkatkan nilai pencernaan (Hartanti dkk., 2020).

Rumen merupakan bagian lambung yang berukuran sangat besar sehingga hampir mengisi rongga lambung sisi kiri pada ruminansia dan memiliki struktur yang terhubung dengan retikulum. Volumennya mencapai 200 liter yang memastikan pakan diaduk dan tercampur setiap menit untuk sapi dewasa. Banyaknya mikroorganisme yang terkandung di dalam rumen, termasuk bakteri, protozoa dan jamur, memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan cepat dan membantu pencernaan ruminansia. Fermentasi di dalam rumen ruminansia terutama menghasilkan NH₃ dan VFA sebagai produk utama. Cairan lambung, enzim pencernaan, dan mikroba rumen yang belum diserap dengan usus dan unsur pakan yang tecerna sebagian masih bercampur. Cairan rumen memiliki beberapa enzim seperti enzim amilase, selulase, xilanase, protease dan enzim lainnya (Pamungkas dkk., 2023).

Derajat keasaman (pH) rumen merupakan faktor penting yang berpengaruh pada pertumbuhan, aktivitas dan populasi mikroba, serta digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman maupun kebasaaan cairan rumen yang berhubungan langsung dengan proses fermentasi. Kondisi cairan rumen sangat dipengaruhi oleh nilai pH, yang juga mempengaruhi perkembangan mikroba rumen dan produk fermentasi rumen. pH lingkungan ekosistem rumen berubah akibat fermentasi mikroba terhadap bahan organik, yang mempengaruhi perkembangan jenis mikroorganisme spesifik serta tipe dan konsentrasi produk fermentasi yang



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diproduksi. pH menurun dengan cepat akibat asam organik yang dihasilkan selama fermentasi karbohidrat (Ardiansyah dkk., 2016).

Mikroba rumen mampu beradaptasi pada pH rumen kisaran 5,5-7,0, Lingkungan dalam kondisi *anaerob* serta produk fermentasi yang berkelanjutan. Keadaan lingkungan rumen yang *anaerob* dengan pH yang normal menyebabkan proses degradasi pakan menjadi lebih baik karena dengan pH yang normal menyebabkan proses degradasi pakan dengan pH tersebut mikroba pencerna serat kasar dapat bekerja secara optimal. Nilai pH cairan rumen berperan penting dalam mengelola aktivitas dalam rumen yaitu memproduksi VFA dan NH_3 serta mendukung pertumbuhan mikroba rumen (Zalzabila dkk., 2024).

Proses penyerapan amonia yang tidak terion lebih mudah melewati dinding rumen apabila pH melebihi 7,3. Dalam kondisi normal, pH biasanya tetap sekitar 6,5 jika urea diberi energi yang cukup, sehingga menurunkan laju penyerapan amonia. Ruminasi menyebabkan ternak mengeluarkan banyak saliva yang berkontribusi pada stabilitas pH rumen dan menghasilkan pH rumen normal. Natrium bikarbonat yang melimpah pada saliva, berfungsi sebagai penyangga terhadap VFA yang dihasilkan oleh fermentasi bakteri dan penting untuk menjaga pH yang (Usboko dkk., 2024).

pH cairan rumen merupakan indikator penting yang mencerminkan keseimbangan fermentasi mikroba di dalam rumen. Nilai pH rumen yang optimal berkisar antara 6,0–7,0 dan sangat menentukan aktivitas mikroorganisme rumen dalam mendegradasi nutrisi pakan menjadi produk akhir fermentasi seperti asam lemak volatil (VFA) dan amonia (NH_3). Secara umum, pH cairan rumen dapat dikategorikan menjadi pH rendah (<6,0) yang menunjukkan fermentasi sangat intensif dan berpotensi menekan aktivitas bakteri selulolitik, pH normal (6,0–7,0) yang merupakan kondisi optimal bagi fermentasi dan keseimbangan NH_3 serta VFA, serta pH tinggi (>7,0) yang mengindikasikan fermentasi kurang aktif dan pemanfaatan nitrogen yang tidak efisien (Faniyi dkk., 2024).

Perubahan pH cairan rumen terutama dipengaruhi oleh komposisi dan sifat fisik pakan yang dikonsumsi ternak. Pakan dengan kandungan karbohidrat mudah terfermentasi yang tinggi akan meningkatkan produksi VFA secara cepat, sehingga menyebabkan penurunan pH rumen. Sebaliknya, pakan berserat kasar



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tinggi atau berstruktur kasar akan menghasilkan fermentasi yang lebih lambat dan cenderung mempertahankan pH rumen tetap stabil (Hartanti, 2023).

Pemanfaatan limbah agroindustri kelapa sawit sebagai pakan ruminansia, seperti bungkil inti sawit dan palm press fiber, juga berpengaruh terhadap pH cairan rumen. Produk samping kelapa sawit umumnya memiliki kandungan serat yang cukup tinggi sehingga fermentasinya berlangsung lebih stabil dan pH rumen tetap berada dalam kisaran normal, tergantung pada proporsi penggunaannya dalam ransum (Arief dkk., 2011).

Hubungan antara pH cairan rumen dan konsentrasi NH_3 sangat erat, karena NH_3 merupakan hasil degradasi protein dan nitrogen non-protein oleh mikroba rumen. Pada pH netral hingga sedikit asam (6,2–6,8), NH_3 berada pada kondisi optimal untuk dimanfaatkan mikroba sebagai sumber nitrogen dalam sintesis protein mikroba. Apabila pH terlalu rendah atau terlalu tinggi, efisiensi pemanfaatan NH_3 oleh mikroba akan menurun (Suharyono dkk., 2016). Selain NH_3 , pH cairan rumen juga berkaitan erat dengan produksi VFA sebagai hasil utama fermentasi karbohidrat. Peningkatan konsentrasi VFA umumnya diikuti oleh penurunan pH rumen akibat akumulasi asam. Kondisi ini masih dianggap normal selama pH berada pada kisaran 6,0–6,5, yang menunjukkan fermentasi berlangsung aktif dan efisien. Namun, produksi VFA yang berlebihan tanpa dukungan *buffer* yang memadai dapat menyebabkan pH turun di bawah 6,0 dan mengganggu keseimbangan fermentasi rumen (Hartanti, 2023).

Amonia (NH_3) adalah hasil protein kasar yang dirombak oleh mikroba. Bahan baku berupa konsentrasi amonia dalam rumen diperlukan pada sintesis protein. Konsentrasi amonia dalam rumen merupakan penentu bagi keefisienan fermentasi pakan dalam rumen. Fermentabilitas pakan yang berkorelasi dengan populasi dan aktivitas mikroba rumen, serta pencernaan protein pakan ditunjukkan oleh kadar NH_3 . Konsentrasi amonia di dalam rumen memiliki dampak besar pada pertumbuhan ideal mikroba rumen, hal ini merupakan parameter penting untuk dikendalikan. Tanuwiria dan Hidayat (2019) menyatakan bahwa produksi $\text{NH}_3 > 12$ mM menunjukkan pakan yang mudah terdegradasi, sedangkan produksi NH_3 rumen < 3 mM menunjukkan pakan yang sulit didegradasi. Ketersediaan NH_3



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menyebabkan bakteri mampu berkembang dengan baik dalam memfermentasi pakan.

Amonia (NH_3) yang diproduksi di dalam rumen diserap oleh mikroba rumen untuk sintesis protein mikroba. Penambahan probiotik yang semakin banyak, membuat daya cernanya dan konsentrasi NH_3 semakin tinggi. Amonia sebagai sumber utama nitrogen dan komponen krusial sintesis protein mikroba rumen yang diproduksi secara konstan selama fermentasi asam amino di dalam rumen (Balang dkk., 2025). Sumber nitrogen pada amonia dapat digunakan sekitar 80% mikroorganisme rumen untuk berkembang. Pakan yang telah diolah dengan amoniasi seringkali memiliki konsentrasi NH_3 yang lebih tinggi dibandingkan pakan yang diolah dengan teknik lain. Hal ini disebabkan oleh jumlah urea yang relatif tinggi dalam pakan yang telah mengalami proses amoniasi. Konsentrasi amonia yang rendah dalam rumen akan membatasi aktivitas bakteri yang akan menurunkan nilai degradasi pakan karena bakteri rumen sangat bergantung pada konsentrasi NH_3 (Harahap dkk., 2017).

Pembentukan amonia dari jerami kacang hijau yang difermentasi sebanding pada semua perlakuan dengan nilai berkisar antara 4,29 hingga 5,62 mM. Kadar ini tidak cukup memenuhi kebutuhan 6-21 mM untuk pertumbuhan mikroba, sehingga mengakibatkan ketersediaan nutrisi yang tidak mencukupi, memperlambat dan menghentikan perkembangan mikroba yang menyebabkan hasil mikroba kurang dari yang diharapkan selama inkubasi (Wole dkk., 2018).

Produksi NH_3 dalam rumen dipengaruhi terutama oleh kandungan protein pakan, tingkat degradasi protein, serta keseimbangan antara pasokan nitrogen dan energi fermentabel. Protein yang mudah terdegradasi akan mengalami deaminasi lebih cepat oleh mikroba rumen sehingga menghasilkan NH_3 dalam jumlah tinggi, sedangkan protein yang sulit terdegradasi atau terikat dalam struktur serat kompleks menghasilkan NH_3 lebih rendah karena keterbatasan akses mikroba terhadap substrat nitrogen. Konsentrasi NH_3 yang tinggi mengindikasikan kelebihan nitrogen yang belum sepenuhnya dimanfaatkan mikroba, sementara NH_3 rendah menunjukkan keterbatasan nitrogen atau rendahnya aktivitas degradasi protein dalam rumen (Hapsari dkk., 2018). Selain itu, ketersediaan energi fermentabel yang tidak seimbang dengan nitrogen dapat menyebabkan



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

akumulasi NH_3 , karena mikroba memerlukan energi untuk mengasimilasi NH_3 menjadi protein mikroba secara efisien (Nurjannah dan Suryanah, 2025).

Bentuk fisik pakan seperti *mash*, pelet, atau wafer turut memengaruhi produksi NH_3 melalui pengaruhnya terhadap laju fermentasi dan degradasi nutrisi di rumen. Pakan berbentuk pelet atau wafer umumnya memiliki ukuran partikel lebih kecil dan struktur lebih homogen, sehingga meningkatkan kontak antara substrat nitrogen dan mikroba rumen, yang berpotensi meningkatkan produksi NH_3 dibandingkan pakan *mash* yang fermentasinya lebih lambat. Namun, pada pakan berbasis limbah agroindustri kelapa sawit seperti bungkil inti sawit, kandungan serat dan ikatan protein dengan dinding sel dapat menekan degradasi protein sehingga menghasilkan NH_3 yang lebih rendah atau sedang, tergantung pada tingkat pengolahan dan bentuk fisiknya. Dengan demikian, tinggi rendahnya NH_3 tidak hanya ditentukan oleh kadar protein pakan, tetapi juga oleh bentuk fisik pakan dan efisiensi pemanfaatan nitrogen oleh mikroba rumen (Mahdiatul dkk., 2025).

Volatile Fatty Acid atau asam lemak atsiri adalah energi pokok untuk ternak ruminansia yang dihasilkan dari produk akhir proses fermentasi karbohidrat dalam rumen. Jumlah mikroorganisme yang digunakan dalam proses fermentasi dan kandungan karbohidrat yang mudah dicerna dalam pakan yang meningkatkan jumlah mikroba karena masukan nitrogen dari proses deaminasi bahan pakan, merupakan faktor yang mempengaruhi pembentukan VFA. Protein yang terdapat di dalam rumen akan diuraikan menjadi amonia melalui kerja enzim proteolitik yang diproduksi oleh mikroba rumen (Balang dkk., 2025). VFA sebanyak 80-160 mM dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan mikroba. Jumlah protein ransum, tingkat kelarutannya, retensi pakan dalam rumen dan kondisi pH rumen mempengaruhi jumlah amonia yang dihasilkan. Dengan mempertimbangkan peranan signifikan rumen sapi sebagai tempat pertumbuhan mikroba dan karakteristik unik setiap jenis pakan dalam menghasilkan produk fermentasi rumen, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi parameter fermentasi rumen, termasuk pH, NH_3 , dan VFA (Wole dkk., 2018).

Lebih dari 70% kebutuhan energi yang diperoleh VFA yang berperan penting sebagai sumber energi terbesar bagi ternak ruminansia. Jumlah VFA



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dalam cairan rumen berkorelasi langsung dengan aktivitas mikroba rumen dan berfungsi sebagai acuan dalam menilai fermentabilitas pakan. VFA dapat diproduksi dari karbohidrat sederhana seperti pati dan serat kasar yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Usboko dkk., 2024). VFA yang dihasilkan dapat terurai lebih cepat dalam ransum dan lebih mudah difermentasi. Beberapa faktor seperti, kualitas bahan pakan, kadar air, suhu, keasaman silase dan kepadatan isi bahan pakan dapat mempengaruhi total VFA. Aktivitas bakteri yang dipengaruhi oleh nutrisi tersedia serta kondisi rumen selama fermentasi dan periode setelah pemberian pakan, berhubungan erat dengan produksi VFA di dalam rumen (Balang dkk., 2025).

Produksi VFA dalam rumen sangat dipengaruhi oleh komposisi nutrisi pakan, terutama sumber dan tipe karbohidrat yang tersedia untuk fermentasi mikroba rumen. Karbohidrat yang mudah difermentasi seperti pati dan gula sederhana cenderung meningkatkan produksi VFA karena mikroba rumen dengan cepat memecahnya menjadi asam asetat, propionat, dan butirat sebagai produk utama fermentasi, sementara pakan dengan karbohidrat struktural tinggi seperti selulosa dan lignin memerlukan waktu lebih lama untuk dicerna dan menghasilkan VFA lebih lambat. Selain itu, komponen nutrisi kompleks dapat membatasi aktivitas mikroba rumen sehingga produksi VFA total menurun, yang menunjukkan bahwa ketersediaan substrat karbon fermentabel adalah salah satu faktor utama dalam menentukan tingkat VFA yang dihasilkan (Nisa dkk., 2017).

Bentuk fisik pakan seperti *mash*, pelet, dan wafer juga berperan penting dalam memodifikasi produksi VFA total karena memengaruhi laju fermentasi, ukuran partikel, dan akses mikroba terhadap nutrisi. Pakan dalam bentuk pelet atau wafer umumnya memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan densitas yang lebih tinggi sehingga meningkatkan kontak antara bahan pakan dengan mikroba rumen, mempercepat fermentasi dan produksi VFA total dibandingkan bentuk *mash* yang struktur partikel lebih besar dan fermentasinya cenderung lebih lambat (Jones and Murphy, 1989)

Limbah agroindustri seperti limbah pelepah atau batang kelapa sawit, fermentasi bahan kasar hasil samping pertanian juga dapat meningkatkan fermentabilitas dan produksi VFA bila degradasi struktur fiber oleh mikroba



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ditingkatkan melalui pengolahan atau pencampuran dengan substrat lain (Muchlas dkk., 2020). Selain itu, faktor pH rumen dan rasio hijauan dan konsentrat dalam ransum berpengaruh signifikan terhadap produksi VFA total karena keduanya menentukan keseimbangan antara aktivitas mikroba selulolitik dan amilolitik. Diet yang lebih tinggi konsentrat biasanya menurunkan pH rumen dan mendorong fermentasi karbohidrat non-struktur yang cepat, sehingga meningkatkan produksi VFA total, sedangkan diet tinggi hijauan cenderung mempertahankan pH lebih tinggi dan menghasilkan VFA dengan pola yang lebih stabil tetapi mungkin dengan jumlah total yang lebih rendah (Wang *et al.*, 2020). Kombinasi optimal antara sumber energi fermentabel, struktur fisik pakan, dan kondisi rumen yang mendukung akan menghasilkan konsentrasi VFA total yang berada dalam kisaran normal untuk mendukung pertumbuhan mikroba dan energi metabolik ternak rumen secara efisien (Riswandi, 2017)

Tingkat kemudahan fermentasi pakan oleh mikroba rumen, terutama karbohidrat dan protein terlarutnya ditunjukkan oleh peningkatan kadar VFA. Jika protein pakan sangat larut, maka protein tersebut akan difermentasi dalam rumen, melepaskan amonia dan VFA dihasilkan (Mardalena dkk., 2016). Apabila produksi VFA sedikit atau di bawah kondisi normal, maka jumlah bakteri rumen akan berkurang yang pada akhirnya akan memperlambat proses degradasi pakan. Nurjannah dan Suryanah (2021) menjelaskan bahwa produksi VFA yang dihasilkan ada kaitannya dengan produksi NH_3 . Apabila produksi VFA sedikit maka akan berpengaruh terhadap populasi bakteri proteolitik. NH_3 yang dihasilkan pada ternak ruminansia akan dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein mikroba di dalam rumen. Apabila ternak kekurangan VFA maka mengakibatkan berkurangnya jumlah bakteri proteolitik yang mencerna protein menjadi N-NH_3 .



III. MATERI DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu

Pengambilan bahan penelitian yaitu pelepah sawit, serat sawit, lumpur sawit dan bungkil inti sawit dari PT. Rama Jaya Pramukti (Sinarmas) dan dilanjutkan proses pembuatan *mash*, wafer, dan pelet yang dilaksanakan di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan dianalisis lebih lanjut di Laboratorium Nutrisi Ternak Perah Fakultas Peternakan IPB. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan, dimulai dari bulan September hingga November tahun 2025.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan utama untuk pembuatan *mash*, wafer, dan pelet dalam penelitian ini adalah pelepah sawit, serat sawit, lumpur sawit, bungkil inti sawit, dedak jagung, dedak padi halus dan molases. Bahan untuk analisis rumen adalah larutan McDougall, cairan rumen, larutan pepsin HCL 0,5%, akuades, Na₂CO₃, H₂SO₄ 0,005 N, NaOH 0,1 N, fenolflatin 1%, asam oksalat 0,1 N, dan gas CO₂.

Alat yang digunakan dalam pembuatan *mash*, wafer, dan pelet adalah mesin pencacah (*chopper*), timbangan (untuk menimbang bahan), baskom, alas terpal, palstik, pisau, oven pengering, blender untuk penghalusan bahan, *grinder*, mesin kempa untuk pencetak wafer dan mesin cetak pelet. Alat untuk analisis rumen adalah neraca analitik, tabung dan tutup fermentator, *shaker bath* dengan suhu 39°C, *beaker glass*, pipet ukur, pipet tetes, gelas ukur, *centrifuge*, oven, tanur, kertas saring Whatman no. 41, termos air dan pH meter.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan 2 faktor perlakuan, masing-masing memiliki 3 taraf dan ulangan sebanyak 2 kali, sehingga diperoleh total 18 unit percobaan (3×3×2).

Faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Faktor A (Formulasi Ransum):

A1 : 60% Hijauan + 40% Konsentrat

A2 : 50% Hijauan + 50% Konsentrat

A3 : 40% Hijauan + 60% Konsentrat

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Faktor B (Bentuk Fisik Pakan):

- B1 : *Mash*
- B2 : Pelet
- B3 : Wafer

Adapun kandungan nutrisi bahan pakan limbah kelapa sawit dan susunan perlakuan *mash*, pelet, dan wafer pada Tabel 3.1. dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1. Kandungan Nutrisi Bahan Pakan Limbah Kelapa Sawit

Bahan Pakan	PK (%)	SK (%)	TDN (%)
Pelepah Sawit ^a	3,07	50,94	47,99
Serat Tandan Kosong Sawit ^a	3,70	48,10	47,23
Bungkil Inti Sawit ^a	16,33	36,68	54,41
Lumpur Sawit ^a	14,58	35,58	50,41
Dedak Jagung ^b	8,48	3,37	80,80
Dedak Padi Halus ^b	7,55	15,86	55,90
Molases ^b	4,00	7,70	80,00

Sumber : a: Mathius *et al.*, 2004; Perhitungan TDN menurut Warde, 1981:

$$\text{TDN} = -14,8356 + 1,3310 (\% \text{ Protein}), + 0,7923 (\% \text{ BETN}) + 0,9787 (\% \text{ Lemak}) + 0,5133 (\% \text{ Serat Kasar})$$

b: Departemen Nutrisi dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan IPB 2015

Tabel 3. 2. Susunan Perlakuan *Mash*, Pelet, dan Wafer (%)

Bahan Pakan	Perlakuan		
	H : K (60%+40%)	H : K (50%+50%)	H : K (40%+60%)
Pelepah Sawit	30,00	25,00	20,00
Serat Tandan Kosong	30,00	25,00	20,00
Bungkil Inti Sawit	33,00	25,00	38,00
Lumpur Sawit	4,00	11,00	9,00
Dedak Jagung	1,00	5,00	4,00
Dedak Padi Halus	1,00	6,00	4,00
Molases	1,00	3,00	5,00
Jumlah	100	100	100
PK	8,20	8,42	9,71
SK	33,54	30,69	28,26
TDN	50,70	53,55	53,27

Keterangan : Hijauan : Pelepah sawit dan serat tandan kosong;

Konsentrat : Bungkil inti sawit, lumpur sawit, dedak jagung, dedak padi dan molases.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Prosedur Bentuk Fisik

Prosedur Pembuatan *mash*, pembuatan pelet, dan pembuatan wafer. Tahapan dalam pembuatan *mash* yang pertama yaitu limbah kelapa sawit yang baru siap dipanen langsung dijemur di ruangan yang terbuka sampai pelepah sawit, serat sawit, lumpur sawit, dan BIS benar-benar kering. Bahan yang dijemur tersebut lanjut ke tahap penggilingan dengan mesin *grinder* untuk mengasilkan tepung yang halus. Bahan dalam pembuatan *mash* terdiri dari sampai pelepah sawit, serat sawit, lumpur sawit, dan BIS. Bahan yang sudah disiapkan ditimbang sesuai kebutuhan, kemudian bahan dicampur dengan molases sebagai pengikat hingga homogen.

Tahapan dalam pembuatan pelet yaitu dengan mempersiapkan bahan bahan pelet sesuai formulasi yang ditentukan, setelah bahan sudah disiapkan masuk tahap penimbangan bahan baku berdasarkan kebutuhan setiap perlakuan. Bahan yang telah ditimbang lalu diaduk hingga sampai menjadi homogen agar bisa masuk tahap selanjutnya yaitu pelet dicetak menggunakan mesin pelet dengan lubang *die* berdiameter 5 mm. Bahan yang telah menjadi pelet kemudian dijemur hingga beratnya konstan dan pelet sudah bisa dibagikan pada ternak sesuai kebutuhannya.

Tahapan dalam pembuatan wafer yaitu dengan mempersiapkan bahan bahan wafer sesuai formulasi yang ditentukan, setelah bahan sudah disiapkan masuk tahap penimbangan bahan baku berdasarkan kebutuhan setiap perlakuan. Bahan yang telah ditimbang lalu diaduk hingga sampai menjadi homogen agar bisa masuk tahap selanjutnya yaitu pencetakan wafer dengan menggunakan mesin kempa dengan cara ransum yang sudah tercampur dimasukkan ke dalam cetakan mesin *press* yang berukuran 20 x 20 cm² tersebar merata. Ransum diisi ke dalam cetakan, lalu dilakukan pengepresan selama 15 menit pada suhu 180°C dengan tekanan 200 kg/cm². Wafer yang sudah jadi diangin-anginkan dan dijemur, sehingga wafer siap diberikan ternak sesuai kebutuhan nutrisinya.

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.4.2. Prosedur *in vitro*

Fermentasi *in vitro* menggunakan metode Tilley dan Terry (1963). Sebanyak 0,5 g sampel diisi ke dalam tabung fermentor, diikuti dengan penambahan 40 mL larutan penyangga McDougall. Tabung tersebut kemudian ditempatkan dalam *shaker bath* pada suhu 39°C, setelah itu ditambahkan 10 mL cairan rumen. Karbon dioksida (CO₂) dialirkan ke dalam tabung dan dikocok selama 30 detik untuk menciptakan kondisi *anaerobik*. pH awal (6,5-6,9) diperiksa, dan tabung ditutup rapat dengan karet berventilasi, kemudian diinkubasi selama 48 jam.

Sampel yang telah diinkubasi, maka kemudian tutup karet dilepas dan 2 hingga 3 tetes HgCl₂ ditambahkan untuk menghentikan aktivitas mikroba. Tahapan yang terakhir yaitu tabung fermentor dimasukkan ke dalam *centrifuge* pada kecepatan 5.000 rpm dengan waktu 15 menit. Proses ini memisahkan substrat menjadi sedimen (pelet) di bagian bawah dan supernatan bening di bagian atas. Supernatan dikumpulkan dan digunakan untuk analisis pH, NH₃, dan VFA. Setelah proses sentrifugasi, sampel terpisah menjadi tiga bagian, yaitu endapan (pelet) di bagian bawah yang tersusun atas biomassa mikroba rumen, sisa substrat pakan tidak larut, lapisan cair jernih (supernatan) di bagian atas yang mengandung produk fermentasi terlarut, dan fase gas yang dilepaskan saat pembukaan tabung. Parameter pH, NH₃, dan VFA seluruhnya berada dalam fraksi cair sehingga analisis dilakukan menggunakan supernatan.

3.5. Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang digunakan yaitu nilai fermentasi rumen terdiri dari nilai pH rumen, produksi NH₃ (m/Mol), total VFA (m/Mol).

3.5.1. pH (*Potential of Hydrogen*)

Kalibrasi pH meter dilakukan dengan *buffer* pH 4 dan 7. Cairan rumen (20 mL) pada hari ke-3 dan ke-10 dipindahkan ke dalam *beaker glass*. Elektroda pada pH meter dimasukkan ke dalam *beaker glass*, lalu dicatat nilai pH setelah nilai pH di layar stabil



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.5.2. Amonia (NH₃)

Penentuan produksi NH₃ dilakukan dengan teknik *mikrodifusi conway* (*General Laboratory Procedur*, 1966), dihitung dengan rumus :

$$\text{NH}_3 \text{ (mM)} = (\text{V H}_2\text{SO}_4 \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 1000) \text{ mM}$$

Keterangan :
 V : Volume H₂SO₄ yang terpakai
 N : Normalitas H₂SO₄

3.5.3. Asam Lemak Terbang (*Volatile Fatty Acid/VFA*)

Produksi VFA ditentukan dengan menggunakan destilasi tekanan uap (*General Laboratory Procedur*, 1966), dihitung dengan rumus:

$$\text{VFA total (mM)} = \frac{(\text{b-s}) \times \text{N HCl} \times 1000}{\text{s}}$$

Keterangan :
 b : Volume titrasi blanko
 s : Volume titrasi sampel
 N : Normalitas larutan HCl

3.6. Analisis Data

Data hasil penelitian yang meliputi nilai pH, konsentrasi NH₃, dan total VFA diolah secara statistik menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 3 × 3 dengan 2 ulangan. Model linear rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial adalah rancangan percobaan yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dua atau lebih faktor perlakuan secara bersamaan, termasuk kemungkinan adanya interaksi antar faktor. Model matematis rancangan faktorial menurut Steel dan Torrie (1992) disesuaikan menjadi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:
 Y_{ijk} : Pengamatan pada taraf ke-i, ke-j dan ulangan ke-k
 μ : Rataan umum
 α_i : Pengaruh perlakuan ke-i
 β_j : Pengaruh galat dari perlakuan ke- j
 (αβ)_{ij} : Pengaruh interaksi dari taraf ke-i dan taraf ke-j



ϵ_{ijk} : Pengaruh galat dari taraf ke-j dan ulangan ke-k
 I : 1, 2, 3
 J : 1, 2, 3
 K : 1, 2

Tabel 3. 3. Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA)

Sumber Keberagaman	Derajat Bebas (db)	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,5	0,1
A	$a-1$	JKA	JKT	KTA/KTG	-	-
B	$b-1$	JKB	KTB	KTB/KTG	-	-
AB	$(a-1)(b-1)$	JKAB	KTAB	KTAB/KTAG	-	-
Galat	$ab(r-1)$	JKG	KTG	-	-	-
Total	$rab-1$	KTG	-	-	-	-

Keterangan :

Faktor Koreksi = $\frac{(Y_{...})^2}{a.b.r}$
 Jumlah Kuadrat Total (JKT) = $\sum Y_{ijk}^2 - FK$
 Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) = $\frac{\sum Y_{ij}^2}{r} - FK$
 Jumlah kuadrat faktor A (JKA) = $\frac{\sum a_i^2}{r.b} - FK$
 Jumlah kuadrat faktor B (JKB) = $\frac{\sum b_j^2}{r.a} - FK$
 Jumlah kuadrat faktor AB (JKAB) = $JKP - JKA - JKB$
 Jumlah Kuadrat Galat = $JKT - JKA - JKB - JKAB$
 Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) = $\frac{JKP}{dbP}$
 Kuadrat tengah faktor A (KTA) = $\frac{JKA}{dbA}$
 Kuadrat tengah faktor B (KTB) = $\frac{JKB}{dbB}$
 Kuadrat tengah interaksi A dan B = $\frac{JKAB}{dbAB}$
 Jumlah Kuadrat tengah galat (KTG) = $\frac{JKG}{dbg}$

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

Jika hasil analisis ragam yang diperoleh menunjukkan pengaruh nyata ($F_{hitung} > F_{tabel 0,05}$) akan dilakukan uji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) (Steel dan Torrie, 1992).

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi antara formulasi ransum dan bentuk fisik pakan terhadap pH cairan rumen, konsentrasi NH_3 , dan produksi VFA total, dengan perlakuan terbaik pada A2B2 (50% hijauan + 50% konsentrat dalam bentuk pelet) dan A3B2 (40% hijauan + 60% konsentrat dalam bentuk pelet) karena menghasilkan $\text{NH}_3 \pm 11,41$ mM dan VFA total tertinggi $\pm 145,95$ mM, yang menunjukkan fermentasi rumen lebih optimal.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut secara *in vivo* pada ternak ruminansia.



DAFTAR PUSTAKA

- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X., and Fang, Y. 2018. *Effect of Processing Methods on Nutritional and Physico Chemical Composition Of Fish. MOJ Food Process Technol*, 6, 376–382.
- Adelina, T., Harahap, A., dan Ramadhan, F. 2024. Evaluasi Fisik dan Nutrisi Pakan Bentuk *Mash, Pellet* dan Wafer Berbahan Legume Indigofera (*Indigofera zollingeriana*) *Physical and Nutritional Evaluation of Feed in the Shapes of Mash, Pellet And Wafer From Indigofera Legumes. Jurnal Peternakan Nusantara*, 10(2), 73–80.
- Ardiansyah, K. G., Wiryawan, P. D. M. H., dan Karti. 2016. *Silage Quality Of Sorghum Harvested at Different Times and its Combination With Mixed Legumes or Concentrate Evaluated in Vitro. Med. Pet*, 39(1), 1–66.
- Arief, A., Novirman, J., dan Winugroho, M. 2011. *The effects of using variety of by products palm industry on ration towards the characteristics rumen fluid of Ettawa goat according to in vitro analysis. Pakistan Journal of Nutrition*, 10(8), 625–630. <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.625.630>
- Aritonang, S. N., Roza, E., dan Tama, S. H. 2019. Potensi Limbah Perkebunan Kelapa Sawit sebagai Pakan Ternak Sapi di Peternakan Rakyat Kecamatan Teras Terunjam Kabupaten Muko-Muko. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 18(2), 95–103. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.20757>
- Azizah, Y. H. N., dan Indriani, N. P. 2024. Kualitas Fisik Wafer Pakan Berbahan Dasar Rumpuk Gajah Mini dan Legum Indigofera dengan Komposisi yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(2), 98–102.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2025. *Kelapa Sawit Provinsi Riau 2023*.
- Badarina, I., Jarmuji, J., dan Gultom, D. P. 2017. Kecernaan Ransum Sapi Bali dengan Konsentrat Fermentasi Berbasis Lumpur Sawit dan Bahan Pakan Lokal. *Agrointek*, 11(2), 63. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v11i2.3173>
- Balang, D. M., Lazarus, E. J. L., dan Hilakore, M. A. 2025. Pengaruh Lama Penyimpanan Wafer Ransum Berbasis Silase Isi Rumen Sapi terhadap Kandungan Protein Kasar, Serat Kasar serta Konsentrasi VFA dan NH₃ secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 6(2), 72–80.
- Chanjula, P., Suntara, C., and Cherdthong, A. 2021. *The Effects of Oil Palm Fronds Silage Supplemented with Urea-Calcium Hydroxide on Rumen Fermentation and Nutrient Digestibility of Thai Native-Anglo Nubian Goats. Fermentation*, 7(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040218>

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- © Hak cipta milik UIN Suska Riau
- Darmansyah, D., Fajri, M., dan Lestari, A. 2023. Analisis Perbandingan Pakan Rumput dengan Pakan Pelepah dan Daun Sawit pada Peternakan Kambing di Kabupaten Nagan Raya. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 9(1), 1399. <https://doi.org/10.25157/ma.v9i1.9568>
- Dewi, H. U., Liman, dan Widodo, Y. 2016. Pengaruh Pemberian Ransum Berbasis Limbah Kelapa Sawit Fermentasi Terhadap Konsumsi Energi dan Energi Tercerna pada Sapi Peranakan Ongole (PO). *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 4(2), 129–133.
- Faniyi, O. A., Ajayi, F. T., dan Owolabi, O. S. 2024. Rumen pH and microbial shift: implications for ruminant nutrition. *Nigerian Journal of Animal Production*, 51(5), 8269. <https://doi.org/10.51791/njap.v51i5.8269>
- Firdus, Fitri, L., Gani, A., Salim, M. N., dan Fauziah. 2024. Pembuatan Silase Ransum Komplit sebagai Pakan Berkualitas dalam Usaha Peggemukan Ternak Kambing Kacang di Desa Pasie Lamgarot Kecamatan Ingin Jaya Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Pengabdian Aceh*, 4(8), 193–198.
- Fitria, S. R., Darwin, dan Putra, B. S. 2024. Fermentasi Berbagai Jenis Pakan Silase pada Cairan Rumen Sapi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1), 525–533.
- Foni, L. R., Sukria, H. A., Retnani, Y., dan Risyahadi, S. T. 2023. Teknik Separasi dan Optimasi Proses Ekstrusi Bungkil Inti Sawit sebagai Bahan Baku Pakan. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 21(2), 123- 129.
- Gunawan, Utami, S., Lestari, S., Sulasmi, dan Haryanto, S. 2025. Potensi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit di PT GMM Kabupaten Halmahera Selatan sebagai Pakan Alternatif bagi Ternak Ruminansia. *Jurnal Pertanian Khairun*, 4(Juni), 23–26.
- Hapsari, D., Nuswantara, L. K., dan Pangestu, L. 2018. Evaluasi bahan pakan hasil samping industri pertanian berdasarkan parameter fermentabilitas ruminal secara *in vitro*. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 13(3), 292–301.
- Harahap, A. E., Khoirunnisa, K., dan Handoko, J. 2021. Ransum Puyuh Petelur yang Mengandung Bungkil Inti Sawit sebagai Pengganti Bungkil Kedelai Berbentuk Pellet Ditinjau dari Sifat Fisik dan Nutrisi. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 20(2), 138. <https://doi.org/10.24198/jit.v20i2.29829>
- Harahap, N., Mirwandhono, E., dan Hanafi, N. D. 2017. Uji Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik, Kadar NH₃ dan VFA pada Pelepah Daun Sawit Terolah pada Sapi secara *in vitro*. *Jurnal Peternakan*, 1(1), 13–21.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Harahap, R., Nasution, N., dan Lubis, M. 2020. Formulasi dan efisiensi Penggunaan TMR untuk Sapi Perah Lokal. *Jurnal Peternakan Nusantara*, 1(11), 45–53.
- Harnita, L., Kaswari, T., dan Andayani, J. 2023. Evaluasi Kecernaan Komponen Serat Pelepah Sawit dalam Ransum Ternak Ruminansia secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Ilmu- Ilmu Peternakan*, 25(1), 13–20. <https://doi.org/10.22437/jiiip.v25i1.19189>
- Hartanti, R., Septian, M. H., dan Hartati, L. 2020. Pengaruh Jenis Media Tumbuh Mikroorganisme Lokal pada Fermentasi Kulit Singkong terhadap Kecernaan Bahan Kering, Kecernaan Bahan Organik, dan pH Rumen *In Vitro*. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 2(3), 120–126.
- Hartanti, D., 2023. Pengaruh jenis dan sifat fisik pakan terhadap perubahan pH cairan rumen. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 5(3), 147–156.
- Husein, F., Yuzaria, D., Amran, M., Monasdir, Riskayanti, dan Nisfimawardah, L. 2025. Potensi Limbah Kelapa Sawit sebagai Pakan Ternak Ruminansia di Kecamatan Bulik Kabupaten Lamandau. *Jurnal Agriovet*, 7(2), 307–316.
- Huwani, S. W., Taha, S. R., Saleh, E. J., Mukhtar, M., Fathan, S., dan Djunu, S. S. 2023. Kecernaan Bahan Kering dan Protein Kasar Pakan Ayam Berbahan Dasar Lumpur Sawit Terfermentasi. *Journal of Equatorial Animal*, 2(2), 60–65. <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/gijea>
- Juliantoni, J., Mucra, D. A., dan Febrina, D. 2018. Kandungan Nutrisi Serat Buah Kelapa Sawit Yang Difermentasi dengan Feses Kerbau Pada Level yang Berbeda. *Jurnal Peternakan*, 15(1), 37. <https://doi.org/10.24014/jupet.v15i1.4319>
- Jones, S., J., and Murphy, M. R. 1989. Production of volatile fatty acids in the rumen and cecum-colon of steers as affected by forage:concentrate and forage physical form. *Journal of Dairy Science*, 72(2), 485–492.
- Lunsin, R., Pilajun, R., Cherdthong, A., and Wanapat, M. 2021. *Effects of High-Quality Oil Palm Frond Pellets on Nutrient Digestion, Rumen Fermentation, and Production Performance of Lactating Dairy Cows*. *Applied Animal Science*, 37(5), 574–582. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02175>
- Mah, R., N, A., Nza, M., Mie, H., Z, I., dan S, M. 2017. *Optimisation of Extrusion for Enhancing the Nutritive Value of Palm Kernel Cake Using Response Surface Methodology*. *BioResources*, 3(12), :6679–6697.
- Mahdiatul F., T. M., Malvin, T., dan Ramaiyulis, R. 2025. Produksi gas total, gas metan, dan NH₃ pellet pakan kambing denganimbangan hijauan dan biokonversi manure layer berbeda secara *in vitro*. *JANHUS: Jurnal Ilmu Peternakan*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.52434/janhus.v9i1.41435>



- Manurung, R., dan Negara, A. B. W. 2024. Kualitas Nutrisi Pelepah Sawit Difermentasi dengan *Winprob* Sebagai Pakan ternak Ruminansia. *JIRK: Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(5), 2927-2936.
- Mardalena, Syarif, S., dan Akmal. 2016. Efek Pemberian Pelepah Sawit yang Difermentasi dengan Prolinas Terhadap Karakteristik Rumen Sapi Perah PFH. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 19(2), 55–62
- Marlida, Y., Arnim, A., dan Rizal, Y. 2019. Ransum Komplit Berbasis Limbah Agroindustri untuk Ternak Ruminansia. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 3(21), 134–142.
- Marwah, Hasanuddin, A., dan Syahrir. 2016. Kandungan Nutrien Lumpur Sawit Hasil Biokonversi Menggunakan *Rhizopus oligosporus* dan Potensinya sebagai Bahan Pakan. *Jurnal Ilmiah Agrisains*, 15(1), 1–23.
- Mathius, I.W., Rahmat, R., Sitorus, E., dan Sitompul, S. 2004. Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Bahan Pakan Ternak Ruminansia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Muchlas, I., Kusuma, F. S., dan Surya, D. 2020. Pengaruh perbedaan aras starter pada fermentasi sabut kelapa terhadap pencernaan bahan pakan dan produksi *volatile fatty acids* secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 8(2), 66–71.
- Musnandar, E., dan Hoesni, F. 2018. Produktivitas Enzim Lignase dari Jamur *Marasmius* sp dan Efektifitasnya dalam Mendegradasi Lignin pada Media Serat Sawit untuk Pakan Ternak Ruminansia. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 20(2), 85–96. <https://doi.org/10.22437/jiiip.v20i2.4771>
- Nisa, D., Achmadi, J., dan Wahyono, F. 2017. Degradabilitas bahan organik dan produksi total *volatile fatty acids* (VFA) daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam rumen secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 27(1), 12–17. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2017.027.01.02>
- Nurhaita, Definiati, N., dan Hidayah, N. 2020. Karakteristik Fermentabilitas dalam Rumen pada Pelepah Sawit Fermentasi yang Disuplementasi Tepung Kulit Jengkol. *Jurnal Peternakan*, 17(1), 39. <https://doi.org/10.24014/jupet.v17i1.7710>
- Nurjannah, S., dan Suryanah, S. 2021. Pemanfaatan Limbah Pepaya sebagai Pakan Ternak Sapi Perah terhadap Nilai Fermentabilitas (*In Vitro*). *Jurnal Peternakan Terpadu*, 10(3), 92– 100.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Nurjannah, S., dan Suryanah S. 2025. Faktor produksi NH₃ rumen: Jenis pakan, tingkat degradasi protein, dan kelarutan protein. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 13(1), 70–81.
- Pamungkas, A. C., Okta, A. N., Mubarak, A. F., Kusuma, A. A., dan Wicaksana, F. F. 2023. Potensi Limbah Rumen Sapi dari Rumah Potong Hewan sebagai Pupuk Organik untuk Tanaman. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan (Journal of Research and Innovation of Animals)*, 7(4), 431-443.
- Prasetyo, B., dan Wibowo, S. 2021. Pengaruh Perlakuan Enzimatis pada Pelet Limbah Kelapa Sawit terhadap Nilai Nutrisi dan Efisiensi Pakan pada Ruminansia. *Jurnal Ilmiah Peternakan Indonesia*, 2(16), 78–85.
- Putra, A. P., dan Wulandari, E. 2019. Pengaruh Pemberian Pelet Berbasis Limbah Kelapa Sawit terhadap Pertambahan Bobot Badan Kambing. *Jurnal Ilmu Peternakan Indonesia*, 1(14), 34–40.
- Rahman, K., Irda, I., dan Ramaiyulis, R. 2021. Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Fermentasi dalam Pelet Pakan Sapi Perah: Efek terhadap Efisiensi Pencernaan dan Produksi Susu. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 2(26), 112–119.
- Ramon, E., Nurhaita, Wulandari, W. A., Ishak, A., dan Efendi, Z. 2020. Pengaruh Bahan Pakan (Solid dan Pelepah Sawit Fermentasi) terhadap Bobot Lahir Pedet Sapi Bali. *Jurnal Peternakan*, 17(2), 125.
- Riswandi, R. 2017. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi *volatile fatty acids* (VFA) total dalam rumen: komposisi dan bentuk fisik pakan. *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan*, 5(1), 8–12.
- Retnani, Y., Barkah, N., Saenab, A., dan Taryati. 2020. *Processing Technology of Feed Wafer to Increase Feed Production and Efficiency. Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 30(1), 37. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v30i1.2473>
- Sari, M., dan Silalahi, F. R. L. 2022. *Analysis of Cattle -Palm Oil Integration Farming in Deli Serdang Regency, North Sumatra Province, Indonesia. Agro Bali : Agricultural Journal*, 5(1), 144–155.
- Sari, R. N., dan Hasan, M. 2020. Peningkatan Kualitas Pelet dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Melalui Fermentasi Mikroba dan Proses Peletisasi. *Jurnal Agripet*, 3(10), 165–173.
- Suharyono, S., Hardani, S., dan Wahyono, F. 2016. Dinamika hasil fermentasi rumen pada konsentrat yang mengandung suplemen pakan baru. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 11(2), 99–111.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Setiana, Nahrowi, Sumiati, dan Subekti, S. 2024. Penggunaan Bungkil Inti Sawit dalam Pakan Ayam dan Pengaruhnya pada Kualitas Pelet dan Performa Broiler. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(3), 166–172.
- © Hakipta milik UIN Suska Riau
- Solehudin, Wahyudin, Nurlaeni, L., Nabila, T. I., Mansyur, dan Setyawan, H. 2022. Peluang Usaha Pengadaan Lumpur Sawit sebagai Bahan Pakan Ruminansia di Jawa Barat. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 3(3), 116–121. <https://doi.org/10.24198/jnttip.v3i3.37515>
- Syaiful, F. L., dan Agustin, F. 2019. Diseminasi Teknologi Pakan Komplit Berbasis Bahan Baku Lokal pada Sapi Potong di Daerah Kinali, Pasaman Barat. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*, 2(1), 79- 87. <https://doi.org/10.25077/jhi.v2i1.366>
- Tandang, M. D., Oematan, G., dan Lestari, G. A. Y. 2024. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Kandungan Asam Phytat, Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik Dedak Padi secara *In Vitro*. *Animal Agricultura*, 2(1), 452–463. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v2i1.64>
- Tanuwiria, U. H., dan Hidayat, R. 2019. Efek Level Tanin pada Proteksi Protein Tepung Keong Mas (*Pomacea canaliculata*) terhadap Fermentabilitas dan Kecernaan in vitro. *Jurnal Ilmu Ternak*, 2(19), 122–130.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal British Grasslan Soc.* 18:104-111
- Triannah, Y., dan Sani, S. 2022. Pengaruh Penambahan Serabut (*Fiber*) Kelapa Sawit terhadap Porositas Beton. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 3(2), 28–37. <https://doi.org/10.51988/jtsc.v3i2.49>
- Usboko, M. Y. G., Enawati, L. S., dan Maranatha, G. 2024. Pengaruh Imbangan Silase Rumput Kume (*Sorghum plumosum* var timorensis) dan *Alysicarpus vaginalis* yang Berbeda terhadap pH, Konsentrasi NH₃ dan VFA Residu Fermentasi *In Vitro*. *Animal Agricultura*, 1(3), 214- 220.
- Wajizah, S., Samadi, S., Usman, Y., dan Mariana, E. 2015. Evaluasi Nilai Nutrisi dan Kecernaan *In Vitro* Pelepah Kelapa Sawit (*Oil Palm Fronds*) yang Difermentasi Menggunakan *Aspergillus niger* dengan Penambahan Sumber Karbohidrat yang Berbeda. *Jurnal Agripet*, 15(1), 13– 19. <https://doi.org/10.17969/agripet.v15i1.2286>
- Warde, J.A. 1981. *Formulation of Ruminant Feeds Based on TDN Calculation Methods*. *Animal Nutrition Research Centre*, University of Reading, Reading.
- Wang, L., Zhang, G., Li, Y., and Zhang, Y. 2020. Effects of high forage/concentrate diet on volatile fatty acid production and the microorganisms involved in VFA production in cow rumen. *Animals*, 10(2),



223. <https://doi.org/10.3390/ani10020223>

- Widiastuti, T., dan Handayani, R. 2020. Sistem Pertanian Terpadu Berbasis Sawit dan Peternakan. *Jurnal Agroindustri dan Agribisnis*, 2(5), 87–95.
- Wijayanti, D., dan Syamsu, J. A. 2021. Evaluasi Kecernaan dan Performa Kambing PE dengan Pakan TMR Berbasis Hijauan Lokal. *Jurnal Nutrisi dan Pakan Ternak*, 2(14), 89–96.
- Wole, B. Y., Manu, A. E., dan Enawati, L. S. 2018. Kambing dengan Waktu yang Berbeda terhadap Konsentrasi NH₃ dan VFA Secara *In-Vitro*. *Jurnal Nukleus Peternakan*, 5(1), 1–6.
- Yuliana, R., dan Syahputra, A. 2018. Serat Sawit dalam Ransum Ternak Ruminansia: Penilaian Kualitas dan Pengelolaan. *Jurnal Ilmu Nutrisi Ternak*, 3(12), 78–83.
- Yuliana, R., dan Suryanto, A. 2022. Pengaruh Pelet Limbah Kelapa Sawit yang Diperkaya Probiotik terhadap Aktivitas Enzim Pencernaan dan Mikrobiota Rumen pada Ruminansia. *Jurnal Peternakan Tropika*, 1(18), 23–31.
- Zalzabila, N. M., Suhartati, F. M., dan Bata, M. 2024. Konsumsi dan Kecernaan Bahan Kering Pakan Sapi Bali Jantan yang Disuplementasi *Complete Rumen Modifier*. *Journal Animal Science and Technology*, 6(1), 28–36.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 1. Analisis Derajat Keasaman (pH)

Formulasi Ransum	Ulangan	Bentuk Pakan			Total	Rataan	St Dev
		B1	B2	B3			
A1	1	6,975	6,855	6,885	20,715	6,905	0,062
	2	6,975	6,865	6,875	20,715	6,905	0,061
Total		13,950	13,720	13,760	41,430		
Rataan		6,975	6,860	6,880		6,905	
St Dev		0,000	0,007	0,007			0,004
A2	1	6,935	6,865	6,925	20,725		0,038
	2	6,945	6,855	6,930	20,730		0,048
Total		13,880	13,720	13,855	41,455		
Rataan		6,940	6,860	6,928		6,909	
St Dev		0,007	0,007	0,004			0,002
A3	1	6,935	6,865	6,935	20,735		0,040
	2	6,920	6,870	6,940	20,730		0,036
Total		13,855	13,735	13,875	41,465		
Rataan		6,928	6,868	6,938		6,911	
St Dev		0,011	0,004	0,004			0,004
Total		41,685	41,175	41,490	124,350		
Rataan		6,948	6,863	6,915		6,908	
St Dev		0,005	0,002	0,002			0,001

$$FK = \frac{(Y_{...})^2}{r.a.b}$$

$$= \frac{(124,350)^2}{3.3.2}$$

$$= 859,051$$

$$JKT = \sum (Y_{ijk})^2 - FK$$

$$= (6,975)^2 + (6,855)^2 + \dots + (6,940)^2 - 859,05$$

$$= 859,08 - 859,05$$

$$= 0,029$$

$$JKP = \frac{\sum (Y_{ij})^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(13,950^2 + 13,720^2 + \dots + 13,875^2)}{2} - 859,05$$

$$= 859,08 - 859,05$$

$$= 0,028$$

$$JK A = \frac{\sum (a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(41,430^2 + 41,455^2 + 41,465^2)}{2.3} - 859,05$$

$$= 859,051 - 859,05$$

$$= 0,0001$$

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 UIN Suska Riau.



$$JKB = \frac{\sum (b_j)^2}{r.a} - FK$$

$$= \frac{(41,685^2 + 41,175^2 + 41,490^2)}{2.3} - 859,05$$

$$= \frac{859,07 - 869,05}{2.3}$$

$$= 0,022$$

$$JKAB = JKP - JKA - JKB$$

$$= 0,028 - 0,0001 - 0,022$$

$$= 0,006$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 0,029 - 0,028$$

$$= 0,0003$$

$dbA = a-1$	$dbB = b-1$	$dbAB = (a-1)(b-1)$	$dbG = a.b (r-1)$
$= 3-1$	$= 3-1$	$= (3-1)(3-1)$	$= 3.3 (2-1)$
$= 2$	$= 2$	$= 4$	$= 9$

$$KTA = \frac{JKA}{dbA}$$

$$= \frac{0,0001}{2}$$

$$= 0,00005$$

$$KTB = \frac{JKB}{dbB}$$

$$= \frac{0,022}{2}$$

$$= 0,011$$

$$KTAB = \frac{JKAB}{dbAB}$$

$$= \frac{0,006}{4}$$

$$= 0,0015$$

$$KTG = \frac{JKG}{dbG}$$

$$= \frac{0,0003}{9}$$

$$= 0,00004$$

$$F_{HITUNG A} = \frac{KTA}{KTG}$$

$$= \frac{0,00005}{0,00004}$$

$$= 1,393$$

$$F_{HITUNG B} = \frac{KTB}{KTG}$$

$$= \frac{0,022}{0,00004}$$

$$= 283,821$$

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 F \text{ HITUNG } AB &= \frac{KTAB}{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \frac{0,006}{\frac{0,00004}{9}} \\
 &= 39,643
 \end{aligned}$$

SK	dB	JK	KT	Fhit	Ftabel		Ket
					5%	1%	
A	2	0,0001	0,00005	1,393	4,26	8,02	ns
B	2	0,022	0,011	283,821	4,26	8,02	**
AB	4	0,006	0,0015	39,643	3,63	6,42	**
Galat	9	0,0003	0,00004	-	-	-	
Total	17	0,03	-	-			

Keterangan : ns= Tidak berpengaruh nyata, ** = Berpengaruh sangat nyata

Uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Faktor AB

$$Sy_{AB} = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,00004}{2}} = \sqrt{0,00002} = 0,004$$

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,20	0,014	4,60	0,021
3	3,34	0,015	4,86	0,022

1.a Faktor A1 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B2	A1B3	A1B1
Rataan	6,860	6,880	6,975

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A1B3	0,020	0,014	0,021	*
A1B2-A1B1	0,115	0,015	0,022	**
A1B3-A1B1	0,095	0,014	0,021	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, * = Berpengaruh nyata

Superskrip

A1B2^a A1B3^b A1B1^c

1.b Faktor A2 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A2B2	A2B3	A2B1
Rataan	6,860	6,928	6,940



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B2-A2B3	0,067	0,014	0,021	**
A2B2-A2B1	0,080	0,015	0,022	**
A2B3-A2B1	0,012	0,014	0,021	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A2B2^a A2B3^b A2B1^b

1.c Faktor A3 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A3B2	A3B1	A3B3
Rataan	6,868	6,928	6,938

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B2-A3B1	0,060	0,014	0,021	**
A3B2-A3B3	0,070	0,015	0,022	**
A3B1-A3B3	0,010	0,014	0,021	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A3B2^a A3B1^b A3B3^b

2.a Faktor B1 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A3B1	A2B1	A1B1
Rataan	6,928	6,940	6,975

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B1-A2B1	0,012	0,014	0,021	NS
A3B1-A1B1	0,047	0,015	0,022	**
A2B1-A1B1	0,035	0,014	0,021	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A3B1^A A2B1^A A1B1^B

2.b Faktor B2 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B2	A2B2	A3B2
Rataan	6,860	6,860	6,868

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A2B2	0,000	0,014	0,021	NS
A1B2-A3B2	0,007	0,015	0,022	NS
A2B2-A3B2	0,007	0,014	0,021	NS

Keterangan : ns = Tidak berpengaruh nyata



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Superskrip

© A1B2^A A2B2^A A3B2^A

2.c Faktor B3 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B3	A2B3	A3B3
Rataan	6,880	6,928	6,938

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B3-A2B3	0,048	0,014	0,021	**
A1B3-A3B3	0,058	0,015	0,022	**
A2B3-A3B3	0,010	0,014	0,021	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata

Superskrip

A1B3^A A2B3^B A3B3^C

formulasi ransum (A)	Bentuk pakan (B)			Rataan
	B1	B2	B3	
A1	6,975 ^{cB}	6,860 ^{aA}	6,880 ^{bA}	6,905
A2	6,940 ^{bA}	6,860 ^{aA}	6,928 ^{bB}	6,909
A3	6,928 ^{bA}	6,868 ^{aA}	6,938 ^{bC}	6,911
Rataan	6,948	6,863	6,915	

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada baris yang sama (huruf kecil) dan pada kolom yang sama (huruf besar) memperlihatkan perbedaan sangat nyata (p<0,01).

- A1 = 60% hijauan + 40% konsentrat
- A2 = 50% hijauan + 50% konsentrat
- A3 = 40% hijauan + 60% konsentrat



Lampiran 2. Analisis Amonia (NH₃)

Formulasi Ransum	Ulangan	Bentuk Pakan			Total	Rataan	St Dev
		B1	B2	B3			
A1	1	6,75	9,07	8,03	23,85	7,95	1,16
	2	6,82	9,21	7,69	23,72	7,91	1,21
Total		13,57	18,28	15,72	47,57		
Rataan		6,79	9,14	7,86		7,93	
St Dev		0,05	0,10	0,24			0,10
A2	1	7,64	11,13	6,61	25,38		2,37
	2	7,84	11,68	7,71	27,23		2,26
Total		15,48	22,81	14,32	52,61		
Rataan		7,74	11,41	7,16		8,77	
St Dev		0,14	0,39	0,78			0,32
A3	1	8,08	10,47	9,31	27,86		1,20
	2	8,88	10,80	8,33	28,01		1,30
Total		16,96	21,27	17,64	55,87		
Rataan		8,48	10,64	8,82		9,31	
St Dev		0,57	0,23	0,69			0,24
Total		46,01	62,36	47,68	156,05		
Rataan		7,67	10,39	7,95		8,67	
St Dev		0,28	0,15	0,29			0,11

$$FK = \frac{(Y \dots)^2}{r.a.b}$$

$$= \frac{(156,05)^2}{3.3.2}$$

$$= 1352,87$$

$$JKT = \sum (Y_{ijk})^2 - FK$$

$$= (6,75)^2 + (9,07)^2 + \dots + (8,33)^2 - 1352,87$$

$$= 1392,52 - 1352,87$$

$$= 39,65$$

$$JKP = \frac{\sum (Y_{ij})^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(13,57^2 + 18,28^2 + \dots + 47,68^2)}{2} - 1352,87$$

$$= 1390,82 - 1352,87$$

$$= 37,95$$

$$JKA = \frac{\sum (a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(47,57^2 + 52,61^2 + 55,87^2)}{2.3} - 1352,87$$

$$= 1358,70 - 1352,87$$

- HaCipta Diindungi 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 UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Syarif Kasim Riau



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$= 5,83$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\sum (b_j)^2}{r.a} - \text{FK} \\ &= \frac{(46,01^2 + 62,36^2 + 47,68^2)}{2.3} - 1352,87 \\ &= 1379,85 - 1352,87 \\ &= 26,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 37,95 - 5,83 - 26,98 \\ &= 5,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 39,65 - 37,95 \\ &= 1,70 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll} \text{dbA} = a-1 & \text{dbB} = b-1 & \text{dbAB} = (a-1)(b-1) & \text{dbG} = a.b (r-1) \\ = 3-1 & = 3-1 & = (3-1)(3-1) & = 3.3 (2-1) \\ = 2 & = 2 & = 4 & = 9 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{KTA} &= \frac{\text{JKA}}{\text{dbA}} \\ &= \frac{5,83}{2} \\ &= 2,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTB} &= \frac{\text{JKB}}{\text{dbB}} \\ &= \frac{26,98}{2} \\ &= 13,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTAB} &= \frac{\text{JKAB}}{\text{dbAB}} \\ &= \frac{5,14}{4} \\ &= 1,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{\text{dbG}} \\ &= \frac{1,70}{9} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FHITUNG A} &= \frac{\text{KTA}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{2,91}{0,19} \\ &= 15,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FHITUNG B} &= \frac{\text{KTB}}{\text{KTG}} \\ &= \frac{13,49}{0,19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 71,37 \\
 \text{FHITUNG AB} &= \frac{\text{KTAB}}{\text{KTG}} \\
 &= \frac{1,29}{0,19} \\
 &= 6,80
 \end{aligned}$$

SK	dB	JK	KT	Fhit	Ftabel		Ket
					5%	1%	
A	2	5,83	2,91	15,42	4,26	8,02	**
B	2	26,98	13,49	71,37	4,26	8,02	**
AB	4	5,14	1,29	6,80	3,63	6,42	**
Galat	9	1,70	0,19	-	-		
Total	17	39,65	-	-			

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata

Uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Faktor AB

$$\text{Sy}_{AB} = \sqrt{\frac{\text{KTG}}{r}} = \sqrt{\frac{0,19}{2}} = \sqrt{0,10} = 0,31$$

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,20	0,99	4,60	1,42
3	3,34	1,03	4,86	1,50

1.a Faktor A1 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B1	A1B3	A1B2
Rataan	6,79	7,86	9,14

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B1-A1B3	1,07	0,99	1,42	*
A1B1-A1B2	2,35	1,03	1,50	**
A1B3-A1B2	1,28	0,99	1,42	*

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, * = Berpengaruh nyata

Superskrip

A1B1^a A1B3^b A1B2^c

1.b Faktor A2 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A2B3	A2B1	A2B2
Rataan	7,16	7,74	11,41

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B3-A2B1	0,58	0,99	1,42	NS
A2B3-A2B2	4,25	1,03	1,50	**
A2B1-A2B2	3,67	0,99	1,42	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A2B3^a A2B1^a A2B2^b

1.c Faktor A3 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A3B1	A3B3	A3B2
Rataan	8,48	8,82	10,64

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B1-A3B3	0,34	0,99	1,42	NS
A3B1-A3B2	2,16	1,03	1,50	**
A3B3-A3B2	1,82	0,99	1,42	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A3B1^a A3B3^a A3B2^b

2.a Faktor B1 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B1	A2B1	A3B1
Rataan	6,79	7,74	8,48

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B1-A2B1	0,95	0,99	1,42	NS
A1B1-A3B1	1,69	1,03	1,50	**
A2B1-A3B1	0,74	0,99	1,42	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A1B1^A A2B1^{AB} A3B1^B

2.b Faktor B2 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B2	A3B2	A2B2
Rataan	9,14	10,64	11,41

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A3B2	1,50	0,99	1,42	**
A1B2-A2B2	2,27	1,03	1,50	**
A3B2-A2B2	0,77	0,99	1,42	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A1B2^A A3B2^B A2B2^B

2.c Faktor B3 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A2B3	A1B3	A3B3
Rataan	7,16	7,86	8,82

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B3-A1B3	0,70	0,99	1,42	NS
A2B3-A3B3	1,66	1,03	1,50	**
A1B3-A3B3	0,96	0,99	1,42	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A2B3^A A1B3^{AB} A3B3^B

formulasi ransum (A)	Bentuk pakan (B)			Rataan
	B1	B2	B3	
A1	6,79 ^{aA}	9,14 ^{cA}	7,86 ^{bAB}	7,93
A2	7,74 ^{aAB}	11,41 ^{bB}	7,16 ^{aA}	8,77
A3	8,48 ^{aB}	10,64 ^{bB}	8,82 ^{aB}	9,31
Rataan	7,67	10,39	7,95	

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada baris yang sama (huruf kecil) dan pada kolom yang sama (huruf besar) memperlihatkan perbedaan sangat nyata ($p < 0,01$).

A1 = 60% hijauan + 40% konsentrat

A2 = 50% hijauan + 50% konsentrat

A3 = 40% hijauan + 60% konsentrat

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran 3. Analisis VFA Total

Formulasi Ransum	Ulangan	Bentuk Pakan			Total	Rataan	St Dev
		B1	B2	B3			
A1	1	91,46	118,63	71,03	281,12	93,71	23,88
	2	107,75	114,70	68,07	290,52	96,84	25,16
Total		199,21	233,33	139,10	571,64		
Rataan		99,61	116,67	69,55		95,27	
St Dev		11,52	2,78	2,09			5,26
A2	1	116,21	137,83	109,49	363,53		14,81
	2	128,86	141,95	121,79	392,60		10,23
Total		245,07	279,78	231,28	756,13		
Rataan		122,54	139,89	115,64		126,02	
St Dev		8,94	2,91	8,70			3,41
A3	1	99,32	141,84	113,87	355,03		21,61
	2	106,50	150,05	104,43	360,98		25,76
Total		205,82	291,89	218,30	716,01		
Rataan		102,91	145,95	109,15		119,34	
St Dev		5,08	5,81	6,68			0,80
Total		650,10	805,00	588,68	2043,78		
Rataan		108,35	134,17	98,11		113,54	
St Dev		3,24	1,71	3,38			2,24

$$FK = \frac{(Y_{\dots})^2}{r.a.b}$$

$$= \frac{(2043,78)^2}{3.3.2}$$

$$= 232057,59$$

$$JKT = \sum (Y_{ijk})^2 - FK$$

$$= (91,46)^2 + (118,63)^2 + \dots + (104,43)^2 - 232057,59$$

$$= 240672,69 - 232057,59$$

$$= 8615,09$$

$$JKP = \frac{\sum (Y_{ij})^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(199,21^2 + 233,33^2 + \dots + 588,68^2)}{2} - 232057,59$$

$$= 240259,72 - 232057,59$$

$$= 8202,13$$

$$JKA = \frac{\sum (a_i)^2}{r.b} - FK$$

$$= \frac{(571,64^2 + 756,13^2 + 716,01^2)}{2.3} - 232057,59$$

$$= 235195,86 - 232057,59$$

$$= 3138,27$$

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$JKB = \frac{\sum (b_j)^2}{r \cdot a} - FK$$

$$= \frac{(650,10^2 + 805,00^2 + 588,68^2)}{2 \cdot 3} - 232057,59$$

$$= 236199,86 - 232057,59$$

$$= 4142,26$$

$$JKAB = JKP - JKA - JKB$$

$$= 8202,13 - 3138,27 - 4142,26$$

$$= 921,60$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 8615,09 - 8202,13$$

$$= 412,96$$

$dbA = a-1$	$dbB = b-1$	$dbAB = (a-1)(b-1)$	$dbG = a \cdot b (r-1)$
$= 3-1$	$= 3-1$	$= (3-1)(3-1)$	$= 3 \cdot 3 (2-1)$
$= 2$	$= 2$	$= 4$	$= 9$

$$KTA = \frac{JKA}{dbA}$$

$$= \frac{3138,27}{2}$$

$$= 1569,14$$

$$KTB = \frac{JKB}{dbB}$$

$$= \frac{4142,26}{2}$$

$$= 2071,13$$

$$KTAB = \frac{JKAB}{dbAB}$$

$$= \frac{921,60}{4}$$

$$= 230,40$$

$$KTG = \frac{JKG}{dbG}$$

$$= \frac{412,96}{9}$$

$$= 45,88$$

$$F_{HITUNG A} = \frac{KTA}{KTG}$$

$$= \frac{1569,14}{45,88}$$

$$= 34,20$$

$$F_{HITUNG B} = \frac{KTB}{KTG}$$

$$= \frac{2071,13}{45,88}$$

$$= 45,14$$

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 F \text{ HITUNG } AB &= \frac{KTAB}{KTG} \\
 &= \frac{230,40}{45,88} \\
 &= 5,02
 \end{aligned}$$

SK	dB	JK	KT	Fhit	Ftabel		Ket
					5%	1%	
A	2	3138,27	1569,14	34,20	4,26	8,02	**
B	2	4142,26	2071,13	45,14	4,26	8,02	**
AB	4	921,60	230,40	5,02	3,63	6,42	*
Galat	9	412,96	45,88	-	-		
Total	17	8615,09	-	-			

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, * = Berpengaruh nyata

Uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Faktor AB

$$Sy_{AB} = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,19}{2}} = \sqrt{0,10} = 0,31$$

P	SSR 5%	LSR 5%	SSR 1%	LSR 1%
2	3,20	15,33	4,60	22,03
3	3,34	16,00	4,86	23,28

1.a Faktor A1 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B3	A1B1	A1B2
Rataan	69,55	99,61	116,67

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B3-A1B1	30,06	15,33	22,03	**
A1B3-A1B2	47,12	16,00	23,28	**
A1B1-A1B2	17,06	15,33	22,03	*

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, * = Berpengaruh nyata

Superskrip

A1B3^a A1B1^b A1B2^c

1.b Faktor A2 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A2B3	A2B1	A2B2
Rataan	115,64	122,54	139,89



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A2B3-A2B1	6,90	15,33	22,03	NS
A2B3-A2B2	24,25	16,00	23,28	**
A2B1-A2B2	17,35	15,33	22,03	*

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, * = Berpengaruh nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A2B3^a A2B1^a A2B2^b

1.c Faktor A3 terhadap faktor B

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A3B1	A3B3	A3B2
Rataan	102,91	109,15	145,95

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A3B1-A3B3	6,24	15,33	22,03	NS
A3B1-A3B2	43,04	16,00	23,28	**
A3B3-A3B2	36,80	15,33	22,03	**

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A3B1^a A3B3^a A3B2^b

2.a Faktor B1 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B1	A3B1	A2B1
Rataan	99,61	102,91	122,54

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B1-A3B1	3,30	15,33	22,03	NS
A1B1-A2B1	22,93	16,00	23,28	*
A3B1-A2B1	19,63	15,33	22,03	*

Keterangan : * = Berpengaruh nyata, ns = tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A1B1^A A3B1^A A2B1^B

2.b Faktor B2 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B2	A2B2	A3B2
Rataan	116,67	139,89	145,95

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B2-A2B2	23,22	15,33	22,03	**
A1B2-A3B2	29,28	16,00	23,28	**
A2B2-A3B2	6,06	15,33	22,03	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata



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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Superskrip

A1B2^A A2B2^B A3B2^B

2.c Faktor B3 terhadap faktor A

Urutkan nilai tengah pengamatan kecil sampai yang terbesar

Perlakuan	A1B3	A3B3	A2B3
Rataan	69,55	109,15	115,64

Perlakuan	selisih	LSR 5%	LSR 1%	Ket
A1B3-A3B3	39,60	15,33	22,03	**
A1B3-A2B3	46,09	16,00	23,28	**
A3B3-A2B3	6,49	15,33	22,03	NS

Keterangan : ** = Berpengaruh sangat nyata, ns = Tidak berpengaruh nyata

Superskrip

A1B3^A A3B3^B A2B3^B

formulasi ransum (A)	Bentuk pakan (B)			Rataan
	B1 (<i>Mash</i>)	B2 (<i>Pelet</i>)	B3 (<i>Wafer</i>)	
A1	99,61 ^{bA}	116,67 ^{cA}	69,55 ^{aA}	95,27
A2	122,54 ^{aB}	139,89 ^{bB}	115,64 ^{aB}	126,02
A3	102,91 ^{aA}	145,95 ^{bB}	109,15 ^{aB}	119,34
Rataan	108,35	134,17	98,11	

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada baris yang sama (huruf kecil) dan pada kolom yang sama (huruf besar) memperlihatkan perbedaan sangat nyata ($p < 0,01$).

A1 = 60% hijauan + 40% konsentrat

A2 = 50% hijauan + 50% konsentrat

A3 = 40% hijauan + 60% konsentrat

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

1. Proses Pengolahan Awal.



Pencacahan serat sawit



Memotong pelepah sawit



Penjemuran pelepah



Penjemuran serat dan lumpur



Penjemuran BIS



Pengahalusan bahan



Penyaringan bahan



Bahan penelitian

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 UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Proses Pembuatan *Mash*, Pelet, dan Wafer.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penimbangan bahan



Pencampuran bahan



Mash



Pencetakan wafer



Wafer



Pelet



Penjemuran *mash* dan wafer



Persiapan pengiriman sampel

3. Analisis *In Vitro*

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



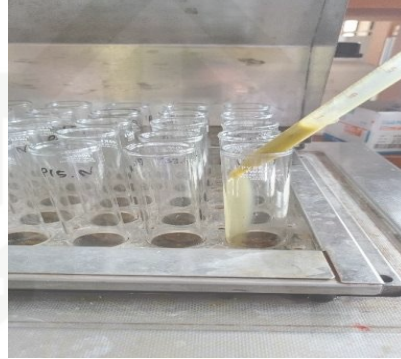
Penimbangan sampel $\pm 0,5$ gram



Pengambilan cairan rumen



Mc Dougall sebanyak 40 mL



Cairan rumen 10 mL



Gas CO₂



Centrifuge



Analisis pH



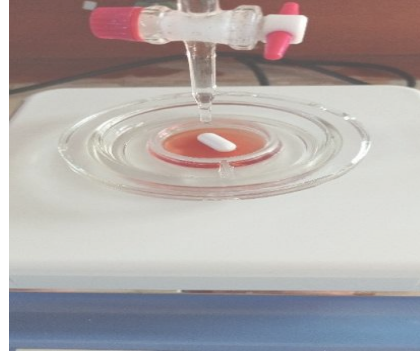
Analisis NH₃

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penambahan reagen sampel



Cairan rumen pada cawan conway



Tahapan destilasi



Penampungan hasil destilat



Hasil destilat pada erlenmeyer



Penentuan kadar VFA total