

SUPLEMENTASI PAKAN KOMBINASI SAMBILOTO (*ANDROGRAPHIS PANICULATA*) DAN *SLOW-RELEASE UREA* BERBASIS KITOSAN IRADIASI TERHADAP EMISI METANA PADA RUMINANSIA

WAHIDIN TEGUH SASONGKO



**PROGRAM STUDI ILMU NUTRISI DAN PAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



- 

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul "Suplementasi Pakan Kombinasi Sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan *Slow-release urea* berbasis Kitosan Iradiasi terhadap Emisi Metana pada Ruminansia" adalah hasil karya tulis saya dengan seijin pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun di perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal dari atau dikutip dari karya penulis lain yang diterbitkan atau tidak diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta atas karya tulis saya kepada IPB University.

Bogor, Juli 2026

Wahidin Teguh Sasongko
D2601221005

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



- 

RINGKASAN

WAHIDIN TEGUH SASONGKO. Suplementasi Pakan Kombinasi Sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan *Slow-release urea* berbasis Kitosan Iradiasi terhadap Emisi Metana pada Ruminansia. Dibimbing oleh ANURAGA JAYANEGARA, DEWI APRI ASTUTI dan TEGUH WAHYONO.

Sektor peternakan berperan sebagai penyumbang sekitar 14,5% emisi gas rumah kaca (GRK) antropogenik global, dengan sumber utama berasal dari metana (CH_4) enterik dan pengelolaan limbah pada ruminansia. Di Indonesia, sistem pemberian pakan yang didominasi hijauan dan limbah pertanian dengan kandungan protein rendah namun serat tinggi menurunkan efisiensi fermentasi rumen dan berkorelasi dengan tingginya produksi metana enterik. Jumlah populasi ruminansia nasional yang besar (18,05 juta sapi potong, 19,23 juta kambing, 17,90 juta domba pada tahun 2021) menghasilkan emisi sekitar 23.955 Gg $\text{CO}_2\text{-e}$ /tahun dari fermentasi enterik. Upaya mitigasi diperlukan tanpa menurunkan produktivitas, melalui pendekatan terpadu seperti modifikasi fermentasi rumen berbasis fitogenik sambiloto (*Andrographis paniculata*) serta pengelolaan nitrogen menggunakan *slow-release urea* (SRU) berbasis kitosan iradiasi.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji suplemen pakan kombinasi sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan SRU berbasis kitosan iradiasi guna menurunkan emisi metana enterik tanpa menurunkan performa ternak. Rangkaian penelitian dilakukan secara bertahap, meliputi meta-analisis potensi *Andrographis paniculata*, karakterisasi fisikokimia dan pelepasan amonia SRU, evaluasi *in vitro* berbagai jenis hijauan, serta validasi *in vivo* pada domba lokal. Langkah tersebut sejalan dengan upaya mengintegrasikan fitogenik lokal dan matriks kitosan hasil modifikasi iradiasi gamma (γ) yang diharapkan menghasilkan sinergi dalam menekan metanogenesis serta sinkronisasi nitrogen–energi di rumen.

Tahap pertama berupa meta-analisis untuk mengevaluasi potensi *Andrographis paniculata* sebagai kandidat aditif pakan fitogenik lokal untuk modulasi fermentasi rumen dan strategi mitigasi metana enterik. Pola meta-analisis menunjukkan penurunan nyata butirat (C_4 ; $p = 0,030$) serta kecenderungan penurunan asetat (C_2 ; $p = 0,060$), propionat (C_3 ; $p = 0,084$), dan amonia ($p = 0,080$), disertai peningkatan pertambahan bobot badan harian 15–20% dan efisiensi pakan 12%. Produksi metana tidak berbeda nyata ($p = 0,128$); arah slope positif menunjukkan penurunan CH_4 langsung belum terkonfirmasi, sehingga modulasi fermentasi yang selaras dengan jalur mitigasi metana perlu divalidasi melalui formulasi kombinasi AP dan SRU berbasis kitosan iradiasi pada tahap-tahap berikutnya.

Tahap kedua menitikberatkan pada pengembangan *slow-release urea* berbasis kitosan iradiasi. Formulasi optimal SRU3 (3 g akrilamida, 10 kGy) berhasil mengontrol pelepasan amonia sebesar 12,85–27,64% dibanding urea konvensional. Karakteristik pelepasan nitrogen yang terkendali mendukung penurunan estimasi produksi metana sekitar 26% pada ransum berbasis jerami padi (*in vitro*; SRU3 dibanding kontrol, Tabel 12). Kitosan iradiasi teruji menjadi matriks yang menjanjikan untuk pengembangan SRU dengan stabilitas serta kompatibilitas yang baik terhadap sistem 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 IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Tahap ketiga, evaluasi *in vitro* pada lima jenis hijauan menunjukkan kombinasi *Andrographis paniculata* dan kitosan iradiasi berpotensi menurunkan estimasi emisi metana; penurunan nyata tercapai pada *Pennisetum purpupoides* ($p < 0,05$), sementara hijauan lain umumnya cenderung menurun (kecuali sorgum), tanpa mengganggu parameter fermentasi rumen utama. Kombinasi ini menunjukkan efek sinergis yang bergantung pada jenis substrat hijauan, di mana bioaktif *Andrographis paniculata* bekerja bersama karakter *slow-release urea* kitosan iradiasi untuk mengoptimalkan fermentasi rumen sekaligus menekan metanogenesis.

Tahap keempat berupa uji *in vivo* pada domba lokal (RAK, 12 ekor, tiga perlakuan: P0 urea konvensional; P1 kombinasi AP + SRUKI; P2 Optigen®). Perlakuan P1 secara signifikan meningkatkan pertambahan bobot badan harian sebesar 130% (71,55 menjadi 164,66 g/ekor/hari; $p < 0,05$) dan efisiensi pakan sebesar 27,6% (14,23% menjadi 18,16%; $p < 0,05$). Emisi metana enterik (LMD) cenderung menurun dari 15,46 menjadi 12,53 g/ekor/hari (penurunan 23,38%; $p = 0,089$). P1 juga menurunkan populasi protozoa sekitar 32% (8,01 menjadi $5,45 \times 10^6$ cells/mL), menurunkan amonia rumen, meningkatkan pencernaan lemak kasar (52,73% menjadi 70,21%), serta mempertahankan profil hematologi dan konsentrasi blood urea nitrogen dalam rentang fisiologis.

Secara keseluruhan, kombinasi suplemen pakan *Andrographis paniculata* dan SRU berbasis kitosan iradiasi terbukti berpotensi menurunkan emisi metana enterik didukung adanya kecenderungan penurunan 23,38% pada uji *in vivo* ($p = 0,089$) serta secara signifikan meningkatkan performa dan efisiensi pakan. Strategi ini layak dikembangkan sebagai alternatif mitigasi berkelanjutan, sekaligus mendukung inovasi pakan ramah lingkungan sesuai dengan program nasional.

Kata kunci: *Andrographis paniculata*, emisi metana, kitosan iradiasi, ruminansia, *slow-release urea*

SUMMARY

WAHIDIN TEGUH SASONGKO. Feed Supplementation Combination of Sambiloto (*Andrographis paniculata*) and *Slow-release urea* Based on Chitosan Irradiation on Methane Emission in Ruminants. Supervised by ANURAGA JAYANEGARA, DEWI APRI ASTUTI and TEGUH WAHYONO.

The livestock sector accounts for approximately 14.5% of global anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions, with major sources arising from enteric methane (CH₄) and manure management in ruminants. In Indonesia, feeding systems dominated by forages and agricultural by-products with low protein but high fiber content reduce rumen fermentation efficiency and are correlated with high enteric methane production. The large national ruminant population (18.05 million beef cattle, 19.23 million goats, and 17.90 million sheep in 2021) produces approximately 23.955 Gg CO₂-e/year from enteric fermentation. Mitigation efforts are required without reducing productivity, through an integrated approach such as phytogenic-based rumen fermentation modification sambiloto (*Andrographis paniculata*) and nitrogen management using irradiated chitosan-based *slow-release urea* (SRU).

This research aimed to develop and test a combined feed supplement of sambiloto (*Andrographis paniculata*) and irradiated chitosan-based SRU to reduce enteric methane emissions without reducing livestock performance. The study was conducted in stages, including meta-analysis of AP potential, physicochemical characterization and ammonia release of SRU, *in vitro* evaluation of various forage types, and *in vivo* validation on local sheep. These steps align with efforts to integrate local phytogenics and gamma (γ)-irradiation-modified chitosan matrices expected to produce synergy in suppressing methanogenesis and synchronizing nitrogen–energy in the rumen.

The first stage was a meta-analysis to evaluate the potential of *Andrographis paniculata* as a local phytogenic feed additive candidate for rumen fermentation modulation and enteric methane mitigation strategies. Meta-analysis patterns showed a significant decrease in butyrate (C4; $p = 0.030$), along with a tendency toward decreased acetate (C2; $p = 0.060$), propionate (C3; $p = 0.084$), and ammonia ($p = 0.080$), accompanied by improved average daily gain 15-20% and feed efficiency 12%. Methane production was not significantly different ($p = 0.128$); the positive slope direction indicates that direct CH₄ reduction was not confirmed, so fermentation modulation aligned with methane mitigation pathways requires validation through AP and irradiated chitosan-based SRU combination formulations in subsequent stages.

The second stage focused on developing irradiated chitosan-based *slow-release urea*. The optimal SRU3 formulation (3 g acrylamide, 10 kGy) controlled ammonia release by 12.85–27.64% compared with conventional urea. Controlled nitrogen release characteristics supported an approximately 26% reduction in estimated methane production in rice straw-based rations (*in vitro*; SRU3 vs control, Table 12). Irradiated chitosan proved to be a promising matrix for SRU development with good stability and compatibility with the rumen fermentation system.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



In the third stage, *in vitro* evaluation confirmed the effectiveness of the combination of *Andrographis paniculata* and irradiated chitosan in reducing methane production across various forages. The methane emission reduction was consistently observed without disrupting other rumen fermentation parameters. This combination showed synergistic effects, whereby *Andrographis paniculata* bioactives worked together with the slow-release characteristics of irradiated chitosan to optimize rumen fermentation while suppressing methane production.

The fourth stage comprised an *in vivo* trial on local sheep (CRD, 12 animals, three treatments: P0 conventional urea; P1 combination of AP + SRUKI; P2 Optigen®). Treatment P1 significantly increased average daily gain by 130% (71.55 to 164.66 g/head/day; $p < 0.05$) and feed efficiency by 27.6% (14.23% to 18.16%; $p < 0.05$). Enteric methane emissions (LMD) tended to decrease from 15.46 to 12.53 g/head/day (23.38% reduction; $p = 0.089$). P1 also reduced rumen protozoa by approximately 32% (8.01 to 5.45×10^6 cells/mL), lowered rumen ammonia, increased crude fat digestibility (52.73% to 70.21%), and maintained hematological profiles and blood urea nitrogen concentrations within physiological ranges.

Overall, the combined feed supplement of *Andrographis paniculata* and irradiated chitosan-based SRU has proven potential to reduce enteric methane emissions—supported by a 23.38% tendency in the *in vivo* trial ($p = 0.089$) while significantly improving performance and feed efficiency. This strategy is suitable for development as a sustainable mitigation alternative and supports environmentally friendly feed innovation in line with national programs.

Keywords: *Andrographis paniculata*, enteric methane, irradiated chitosan, ruminants, slow-release urea



SUPLEMENTASI PAKAN KOMBINASI SAMBILOTO (*ANDROGRAPHIS PANICULATA*) DAN *SLOW-RELEASE UREA* BERBASIS KITOSAN IRADIASI TERHADAP EMISI METAN PADA RUMINANSIA

WAHIDIN TEGUH SASONGKO

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

**PROGRAM STUDI ILMU NUTRISI DAN PAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
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 IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Nahrowi M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Sri Suharti S.Pt., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. RA Yeni Widiawati, PAU.
- 2 Prof. Dr. Sri Suharti S.Pt., M.Si.



Judul Disertasi : Supplementasi Pakan Kombinasi Sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan *Slow-release urea* berbasis Kitosan Iradiasi terhadap Emisi Metana pada Ruminansia

Nama : Wahidin Teguh Sasongko
NIM : D2601221005

Disetujui oleh:

Pembimbing 1:
Prof. Dr.sc ETH Anuraga Jayanegara, S.Pt, M.Sc

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, M.S.

Pembimbing 3:
Dr. Teguh Wahyono, S.Pt, M. Si

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, M.S
NIP 196110051985032000

Dekan Fakultas Peternakan,
Prof. Dr. Ir. Idat Galih Permana, M.Sc
NIP 196705061991031001



Tanggal Ujian Tertutup: 9 Juni 2026
Tanggal Sidang Promosi: 2 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Tema yang diangkat dalam penelitian ini adalah “Suplementasi Pakan Kombinasi Sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan *Slow-release urea* berbasis Kitosan Iradiasi terhadap Emisi Metana pada Ruminansia.”

Saya menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para promotor dan ko-promotor: Prof. Dr.sc ETH Anuraga Jayanegara, S.Pt., M.Sc., Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, M.S., dan Dr. Teguh Wahyono, S.Pt., M.Si., atas bimbingan yang mendalam, saran-saran yang membangun, berbagi ilmu, masukan yang konstruktif, serta motivasi yang tiada henti selama proses penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian, penulisan publikasi, hingga penyusunan disertasi ini.

Ucapan terima kasih secara khusus juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Erika Budiarti Laconi, MS., dan Dr. Lilis Khotijah, MS., selaku penguji Ujian Kualifikasi atas masukan berharga yang diberikan; kepada Dr. Ir. Rita Mutia, M.Agr. sebagai moderator kolokium; kepada Prof. Dr. dra. Iis Arifiantini, M.Si. sebagai moderator seminar; serta kepada Prof. Dr. Ir. Nahrowi, M. Sc, Prof. Dr. Sri Suharti, S.Pt., M. Si. sebagai penguji eksternal pada ujian tertutup dan Dr. Ir. RA Yeni Widiawati, PAU, Prof. Dr. Sri Suharti, S.Pt., M. Si sebagai penguji eksternal pada ujian terbuka.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Dekan Sekolah Pascasarjana, Dekan Fakultas Peternakan, dan Ketua Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan atas kesempatan dan fasilitas akademik yang diberikan. Ucapan terima kasih saya sampaikan pula kepada Ibu Indri dan seluruh staf administrasi Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan atas bantuannya dalam proses administrasi selama ini.

Penghargaan saya sampaikan kepada Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) beserta tim atas kesempatan yang diberikan untuk menempuh studi doctoral melalui program *Degree by Research (DBR)*. Saya juga berterima kasih kepada Kepala Pusat Riset Peternakan BRIN atas dukungan dan rekomendasinya dalam mendukung pencapaian akademik ini, serta kepada Proyek RC IAEA atas dukungan yang telah diberikan hingga saya dapat menyelesaikan studi doctoral ini.

Rasa terima kasih yang mendalam saya sampaikan kepada Ibu Kokom, Ibu Usmi, Pak Yuda, Pak Fiki, Pak Edi, Pak Asep, Pak Rasyid, Pak Dedi, Ibu Asih, Pak S. Widodo, Bu Winwin, Bu Nila, Bu Susi, Bu Else, Pak Rusli, dan seluruh staf Laboratorium Ilmu Nutrisi Pakan Fakultas Peternakan IPB, Laboratorium Biokimia UGM, Laboratorium Genomik BRIN, Laboratorium Pengolahan Radiasi BRIN, dan Laboratorium Anggara Jeni BRIN atas segala bantuan luar biasa selama pelaksanaan penelitian.

Dengan penuh cinta dan hormat, saya sampaikan terima kasih kepada kedua orang tua saya tercinta, Ibu Sri Haryuni dan Bapak Moh. Anwar, yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan kasih sayang; kepada saudara-saudara saya Rendra Nurwana, Taufik Anggoro Basuki, dan Murti Ayu Wijayanti, serta seluruh keluarga besar di Pemalang; juga kepada mertua saya Bapak Zamzami dan Ibu Zaenab, serta keluarga besar di Jepara, atas doa dan dukungan yang tiada henti.

Ucapan terima kasih dan cinta yang tak terhingga saya persembahkan kepada istri tercinta, Ulfatun Nisak A. Md, atas doa, dukungan, kesabaran, cinta, semangat, dan perhatian yang senantiasa mengiringi perjalanan hidup dan akademik saya. Rasa syukur dan cinta juga saya sampaikan kepada anak-anak tercinta, Rizka Untesa Putri, SP (Putri) dan Alfian Aminudin Adha, SE (Alfin), atas kesabaran dan pengertiannya selama saya menempuh studi di IPB University.

Kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian ini, kebaikan Anda semua sangat berarti bagi saya.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi yang membutuhkan dan menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Wahidin Teguh Sasongko



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	6
1.7 Hipotesis (opsional)	6
II STUDI META-ANALISIS PENGARUH <i>ANDROGRAPHIS PANICULATA</i> SEBAGAI STRATEGI NUTRISI UNTUK MENGURANGI EMISI METANA DAN MENINGKATKAN PERFORMA RUMINANSIA	7
2.1 Abstrak	7
2.2 Pendahuluan	7
2.3 Metode	8
2.4 Hasil dan Pembahasan	14
2.5 Simpulan	18
III KARAKTERISASI <i>SLOW-RELEASE UREA</i> BERBASIS KITOSAN IRADIASI	19
3.1 Abstrak	19
3.2 Pendahuluan	19
3.3 Metode	20
3.4 Hasil dan Pembahasan	24
3.5 Simpulan	38
IV SUPLEMENTASI <i>ANDROGRAPHIS PANICULATA</i> DAN KITOSAN IRADIASI TERHADAP PRODUKSI METANA DAN FERMENTASI SECARA <i>IN VITRO</i>	39
4.1 Abstrak	39
4.2 Pendahuluan	39
4.3 Metode	40
4.4 Hasil dan pembahasan	42
4.5 Simpulan	48
V SUPLEMENTASI <i>ANDROGRAPHIS PANICULATA</i> DAN <i>SLOW-RELEASE UREA</i> BERBASIS KITOSAN IRADIASI UNTUK MENURUNKAN EMISI METANA PADA DOMBA LOKAL	50
5.1 Abstrak	50
5.2 Pendahuluan	50
5.3 Metode	53
5.4 Hasil dan Pembahasan	57



5.5	Simpulan	75
VI	PEMBAHASAN UMUM	76
6.1	Sintesis Temuan Antartahapan Penelitian	76
6.2	Efek Sinergis terhadap Fermentasi & Emisi Metana	76
6.3	Kontribusi pada Efisiensi Nitrogen & Produktivitas	76
6.4	Keterbatasan & Arah Penguatan Data	76
6.5	Kontribusi untuk Pengembangan Pakan Nasional	77
VI	SIMPULAN DAN SARAN	78
6.1	Simpulan	78
6.2	Saran	78
	DAFTAR PUSTAKA	79
	LAMPIRAN	96
	RIWAYAT HIDUP	101

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

DAFTAR TABEL

1	Alur seleksi artikel meta-analisis menurut protokol PRISMA	10
2	Struktur data meta-analisis: hubungan publikasi, percobaan, dan jumlah observasi (n) per parameter	11
3	Statistik deskriptif data meta-analisis (rata-rata $\pm$ SD)	11
4	Uji heterogenitas dan indeks I^2 untuk empat variabel utama meta-analisis	12
5	Hasil uji Egger untuk dua outcome utama meta-analisis	12
6	Data titik efek dosis per publikasi untuk funnel plot meta-analisis	12
7	Analisis sensitivitas <i>leave-one-study-out</i> (LOSO) meta-analisis	14
8	Studi yang masuk dalam meta-analisis pengaruh penambahan <i>Andrographis paniculata</i> dalam ransum pakan terhadap performa ruminansia	15
9	Pengaruh suplementasi <i>Andrographis paniculata</i> terhadap karakteristik fermentasi rumen (model LMM)	16
10	Pengaruh penambahan <i>Andrographis paniculata</i> terhadap pertambahan bobot badan harian, konsumsi pakan dan efisiensi pakan	16
11	Pengaruh penambahan <i>Andrographis paniculata</i> terhadap kualitas karkas dan daging pada studi meta-analisis	17
12	Bahan-bahan penyusun formula slow-release urea kitosan iradiasi	22
13	Komposisi nutrisi bahan pakan untuk <i>in vitro</i> SRU	23
14	Perbandingan produksi dan kinetika gas dari suplementasi pakan ruminansia dengan urea, Optigen® and SRU3 secara <i>in vitro</i>	30
15	Fermentasi rumen dan emisi metana ransum ruminansia yang disuplementasi urea, Optigen® dan SRU3 secara <i>in vitro</i>	37
16	Komposisi Nutrisi dan Serat Sampel Hijauan untuk analisis <i>in vitro</i>	43
17	Produksi gas <i>in vitro</i> dan karakteristik gas dari hijauan dan perlakuan pakan suplemen (ml/300 mg BK)	45
18	Karakteristik fermentasi <i>in vitro</i> sampel hijauan dan perlakuan suplemen pakan	47
19	Komposisi bahan pakan ransum perlakuan pengujian secara <i>in vivo</i>	54
20	Kandungan nutrisi ransum perlakuan pengujian suplemen pakan secara <i>in vivo</i>	54
21	Konsumsi nutrisi penelitian suplementasi pakan secara <i>in vivo</i>	58
22	Kecernaan nutrisi penelitian suplementasi pakan secara <i>in vivo</i>	59
23	Parameter fermentasi rumen suplementasi pakan secara <i>in vivo</i>	61
24	Rataan VFA parsial penelitian suplementasi pakan secara <i>in vivo</i> pada domba lokal	64
25	Emisi metana enterik hasil pengukuran laser mini detektor penelitian suplementasi pakan secara <i>in vivo</i> pada domba lokal	67
26	Profil hematologi penelitian suplementasi secara <i>in vivo</i> pada domba lokal	70
27	Blood urea nitrogen (BUN) penelitian suplementasi secara <i>in vivo</i> pada domba lokal	73
28	Rataan pertambahan bobot badan harian dan efisiensi pakan pada penelitian suplementasi pakan secara <i>in vivo</i> pada domba lokal	74

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian suplementasi pakan kombinasi sambiloto (<i>Andrographis paniculata</i>) dan slow-release urea berbasis kitosan iradiasi terhadap emisi metan pada ruminansia	5
2	Proses seleksi artikel meta-analisis	9
3	Funnel plot uji bias publikasi meta-analisis <i>Andrographis paniculata</i>	13
4	Hasil pengamatan SEM dari empat formulasi slow-release urea berdasarkan kitosan iradiasi pada pembesaran (a) 500x dan (b) 1000x.	25
5	Spektrum FTIR dari (a) empat formulasi SRU (b) urea, dan (c) optigen®.	26
6	(a) Nilai pH dan (b) Pelepasan Amonia dari Urea dan SRU secara in vitro fermentasi selama 24 jam inkubasi	28
7	Estimasi gas metana enterik dari ransum ruminansia berbasis hijauan, dengan dan tanpa suplementasi	48



DAFTAR LAMPIRAN

1	Perhitungan estimasi emisi metana dari pengukuran Laser Methane Detector (LMD): konversi <i>MaxResp</i> (ppm-m) menjadi laju emisi harian (g/d)	97
2	Bukti publikasi jurnal internasional bereputasi (Q3), judul: “Meta-analysis of <i>Andrographis paniculata</i> effects on ruminant performance and meat quality”.	98
3	Bukti publikasi jurnal internasional bereputasi tinggi (Q2), judul: “Use of irradiated chitosan as matrix for <i>slow-release urea</i> and in vitro fermentation characteristics in ruminant ration supplementation”	99
4	Bukti publikasi international conference proceeding paper, judul: “Influence of feed supplement based on <i>Andrographis paniculata</i> and irradiated chitosan on in vitro fermentation and methane production of selected forages”.2023;81:00001.	100