

KAJIAN SPESIES TANAMAN PAKAN DAN PENAMBAHAN PUPUK PADA LAHAN PASCATAMBANG KAPUR UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM RANSUM *IN SITU*

HARWANTO



**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.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Kajian Spesies Tanaman Pakan dan Penambahan Pupuk pada Lahan Pascatambang Kapur untuk Pengembangan Sistem Ransum *In Situ* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

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

Bogor, April 2026

Harwanto
NIM D2601221009

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

RINGKASAN

HARWANTO. Kajian Spesies Tanaman Pakan dan Penambahan Pupuk pada Lahan Pascatambang Kapur untuk Pengembangan Sistem Ransum *In Situ*. Dibimbing oleh LUKI ABDULLAH, PANCA DEWI MANU HARA KARTI SOEWONDO dan SUWARDI.

Hijauan pakan merupakan komponen utama pada peternakan ruminansia namun problematika pesatnya alih fungsi lahan mengakibatkan penurunan ketersediaan hijauan sehingga perlu pemanfaatan lahan marginal. Lahan pascatambang kapur merupakan lahan marginal yang memiliki kesuburan rendah dan pH tinggi namun memiliki potensi luas area yang dapat dimanfaatkan melalui revegetasi. Rendahnya kesuburan lahan pascatambang perlu dikaji melalui penambahan pupuk organik, anorganik, dan hayati sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Kegiatan revegetasi memiliki potensi terintegrasi dengan sektor peternakan penyedia hijauan pakan melalui sistem ransum *in situ* namun demikian belum diketahui spesies tanaman pakan yang adaptif, yang dapat berkembang di lahan pascatambang kapur. Oleh karena itu dilakukan penelitian kajian spesies tanaman pakan dan penambahan pupuk pada lahan pascatambang kapur untuk pengembangan sistem ransum *in situ* untuk menyediakan hijauan pakan ternak secara berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui karakteristik kimia tanah, tanaman lokal, dan mikrofauna indigenous; (2) mendapatkan spesies tanaman pakan yang adaptif sebagai penyedia hijauan pakan; (3) mengevaluasi kesuburan lahan pascatambang kapur setelah revegetasi tanaman pakan; (4) simulasi sistem ransum *in situ* dengan menggunakan tanaman yang adaptif. Penelitian ini terdiri atas empat tahapan. Tahap pertama adalah kajian sifat kimia tanah, tanaman lokal dan mikrofauna indigenous. Tahap kedua adalah kajian spesies tanaman pakan introduksi dan penambahan pupuk. Tahap ketiga adalah dinamika kesuburan lahan pascatambang kapur setelah pemupukan dan revegetasi selama 1 tahun. Tahap keempat adalah simulasi sistem ransum *in situ* berbasis rumput dan legum adaptif.

Hasil penelitian Tahap I. Lahan pascatambang kapur di Kabupaten Banyumas, memiliki karakteristik pH basa (8,08) dan kesuburan rendah. Sifat kimia tanah terdiri atas C-organik 0,52%, NH_4^+ 3,25 ppm, NO_3^- 7,25 ppm, fosfor 16,13 ppm dan kalium 38,32 ppm, unsur hara mikro Fe 3,28 ppm, zink 0,57 ppm, mangan 1,91 ppm. Tanaman lokal yang ditemukan terdiri atas 16 rumput, 4 legum dan 21 *forbs* dengan akumulasi produksi biomassa 787,35 kg/ha dan kapasitas tampung 0,43 *animal unit* (AU). Mikrofauna tanah (mikoriza, bakteri *Rhizobium*, *Azotobacter* dan *Azospirillum*) ditemukan di sekitar rhizosfer tanaman lokal namun dalam populasi yang rendah. Berdasarkan rendahnya kandungan kimia tanah, produksi tanaman lokal dan populasi mikrofauna indigenous maka diperlukan perbaikan kesuburan tanah dan introduksi tanaman pakan.

Hasil penelitian Tahap II. Hasil penelitian menunjukkan penambahan fungi mikoriza arbuskula (FMA), pupuk organik dan pupuk NPK berdampak positif terhadap pertumbuhan, kandungan nutrisi dan pencernaan spesies tanaman introduksi. Rumput pakchong (*Pennisetum purpureum* cv. Thailand) dengan perlakuan FMA 10 g/tanaman, pupuk organik 10 ton/ha dan pupuk NPK 300 kg/ha memiliki produksi BK mencapai 36,15 ton/ha/tahun dengan kandungan PK 13,67%, NDF 62,91% dan ADF 30,54%. Rumput odot (*Pennisetum purpureum*

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



cv. Mott) memiliki produksi BK 13,48 ton/ha/tahun dengan PK 14,34%, NDF 59,96% dan ADF 27,22%. Rumput BD (*Brachiaria decumbens*) memiliki produksi BK 12,42 ton/ha/tahun dengan PK 12,07%, NDF 66,28% dan ADF 29,07%. Legum indigofera (*Indigofera zollingeriana*) perlakuan FMA 10 g/tanaman, pupuk organik 10 ton/ha dan pupuk NPK 100 kg/ha memiliki produksi BK 19,69 ton/ha/tahun dengan kandungan PK 27,97%, NDF 43,99%, dan ADF 26,79%. Legum desmanthus (*Desmanthus virgatus*) memiliki produksi BK 12,30 ton/ha/tahun yang mengandung PK 24,09%, NDF 37,19% dan ADF 25,12%. Legum sentro (*Centrocema pubescens*) memiliki produksi BK 11,48 ton/ha/tahun dengan kandungan PK 20,09%, NDF 53,46% dan ADF 34,58%. Penelitian disimpulkan tanaman pakan introduksi dapat digunakan sebagai sumber hijauan di lahan pascatambang kapur.

Hasil penelitian Tahap III. Revegetasi tanaman pakan dengan kombinasi pupuk organik, NPK, dan mikoriza mampu menurunkan pH dari 8,08 (basa) menjadi 7,37-7,51 (netral), meningkatkan C-organik dari 0,52% menjadi 0,99-1,26%, NH_4^+ dari 3,25 ppm menjadi 4,80-7,90 ppm, NO_3^- dari 7,25 ppm menjadi 11,33-19,66 ppm, fosfor dari 16,13 ppm menjadi 34,00-46,83 ppm, kalium dari 38,32 ppm menjadi 69,88-139,08 ppm dan DHL dari 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menjadi 271,50-369,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Revegetasi tanaman rumput-legum dengan penambahan kombinasi pupuk organik, NPK, dan mikoriza meningkatkan kolonisasi FMA perakaran 30,76% menjadi 82,09-90,75%, koloni bakteri *Azotobacter* dari $0,34 \times 10^5$ cfu/g menjadi $7,80-13,58 \times 10^5$ cfu/g, koloni bakteri *Azospirillum* dari $0,35 \times 10^5$ cfu/g menjadi $1,20-4,50 \times 10^5$ cfu/g. serta pada legum meningkatkan koloni bakteri *Rhizobium* dari $1,93 \times 10^5$ cfu/g menjadi $9,85-18,30 \times 10^5$ cfu/g tanah.

Hasil penelitian Tahap IV. Simulasi ransum *in situ* menggunakan rumput pakchong 63%, legum indigofera 37% menunjukkan skenario paling optimal untuk pemeliharaan ternak fase pembesaran secara intensif, yang memiliki kapasitas tampung 7,64 AU (setara 54 ekor ternak kambing) di lahan pascatambang kapur, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Simulasi ransum *in situ* memiliki kandungan abu 11,13%; PK 18,96%; LK 3,68%, SK 23,09%, NDF 55,94%; ADF 29,15%, TDN 64,09%, KcBK 64,39%, KcBO 63,28% dan harga ransum Rp2.141/kg.

Simpulan dari penelitian ini adalah lahan pascatambang kapur di Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah memiliki pH basa, kesuburan rendah dan produktivitas tanaman lokal yang rendah. Penambahan mikoriza, pupuk organik dan pupuk NPK meningkatkan adaptasi dan produktivitas tanaman pakan introduksi sebagai sumber hijauan. Revegetasi tanaman pakan dengan kombinasi pemupukan dapat memperbaiki pH tanah, sifat kimia tanah C, N, P dan K serta mikroba rhizosfer. Rumput pakchong dan legum indigofera dapat dimanfaatkan sebagai penyedia hijauan pakan untuk pengembangan sistem ransum *in situ* pada pemeliharaan ternak intensif fase pembesaran di lahan pascatambang kapur secara berkelanjutan.

Kata kunci: lahan pascatambang kapur, pemupukan, produktivitas, ransum *in situ*, spesies tanaman pakan

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.

SUMMARY

HARWANTO. Study of Forage Plant Species and Fertilizer Addition in Limestone Post-mining Land for the Development of an In-Situ Ration System. Supervised by LUKI ABDULLAH, PANCA DEWI MANU HARA KARTI SOEWONDO and SUWARDI.

Forage is the primary feed for ruminant livestock, requiring constant availability and reliable quality to support the development of the livestock industry. Limestone post-mining land represents a type of marginal land characterized by low fertility and high pH, yet it offers extensive areas that can be repurposed through revegetation. The low fertility of such land necessitates improvement through the application of organic, inorganic, and biological fertilizers to enhance its capacity for supporting plant productivity. Revegetation activities also present opportunities for integration with the livestock sector by supplying forage through an *in situ* ration system. However, the adaptability and performance of forage species on limestone post-mining land remain unclear. Therefore, this research was conducted to identify suitable forage plant species and appropriate fertilizer inputs for limestone post-mining land to support the development of a sustainable *in situ* ration system.

This study aims to: (1) analyze the chemical soil properties, native plants, and indigenous microfauna; (2) obtain adaptive forage species capable of providing a sustainable source of green fodder; (3) evaluate the improvement of soil fertility in limestone post-mining land following forage revegetation; and (4) simulate an *in situ* ration system using adaptive forage plants. The research was conducted in four stages. The first stage involved evaluating the soil chemical properties, native plants, and indigenous microfauna. The second stage examined the productivity of introduced forage species in combination with fertilizer applications. The third stage evaluated the changes in soil fertility in limestone post-mining land after revegetation. The fourth stage analyzed the *in situ* ration system utilizing various adaptive forage species.

Limestone post-mining land in Banyumas Regency was characterized by an alkaline soil pH (8.08) and inherently low fertility. The soil chemical properties included 0.52% organic carbon, 3.25 ppm NH_4^+ , 7.25 ppm NO_3^- , 16.13 ppm phosphorus, and 38.32 ppm potassium, along with soil micronutrient levels of 3.28 ppm iron, 0.57 ppm zinc, and 1.91 ppm manganese. The native plant comprises 16 grass species, 4 legume species, and 21 *forbs* species, with a total biomass production of 787.35 kg/ha and a livestock carrying capacity of 0.43 animal units (AU). Soil microfauna, including mycorrhizae, *Rhizobium*, *Azotobacter*, and *Azospirillum*, were detected in the rhizosphere of native plants, but their populations were relatively low. Considering the low soil nutrient content, limited plant biomass, and sparse indigenous microfauna, soil fertility enhancement and the introduction of forage plant species are required.

The application of arbuscular mycorrhiza fungi (AMF), organic fertilizer, and NPK fertilizer positively influenced the morphological traits, nutrient composition, and digestibility of the introduced forage species. Pakchong grass (*Pennisetum purpureum* cv. Thailand) treated with the combination of AMF, 10 tons/ha organic fertilizer and 300 kg/ha NPK produced 36.15 tons DM/ha/year, with a crude protein (CP) content of 13.67%, 62.91% neutral detergent fiber



(NDF), and 30.54% Acid detergent fiber (ADF). Dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) yielded 13.48 tons DM/ha/year with 14.34% CP, 59.96% NDF, and 27.22% ADF. Signal grass (*Brachiaria decumbens*) produced 12.42 tons DM/ha/year, containing 12.07% CP, 66.28% NDF, and 29.07% ADF. Indigofera (*Indigofera zollingeriana*) treated with AMF, 10 tons/ha organic fertilizer, and 100 kg/ha NPK generated 19.69 tons DM/ha/year, with 27.97% CP, 43.99% NDF, and 26.79% ADF. Desmanthus (*Desmanthus virgatus*) produced 12.30 tons DM/ha/year, containing 24.09% CP, 37.19% NDF, and 25.12% ADF. Centro (*Centrocema pubescens*) yielded 11.48 tons DM/ha/year with 20.09% CP, 33.46% NDF, and 34.58% ADF. Overall, the findings indicate that the introduced forage species are suitable for use as sources of green fodder in limestone post-mining land.

Revegetation using forage plants combined with organic fertilizer, NPK, and AMF effectively improved soil quality. Soil pH decreased from 8.08 (alkaline) to 7.37-7.51 (neutral), while soil organic carbon increased from 0.52% to 0.99-1.26%. Levels of NH_4^+ rose from 3.25 ppm to 4.80-7.90 ppm, NO_3^- from 7.25 ppm to 11.33-19.66 ppm, phosphorus from 16.13 ppm to 36.00-46.83 ppm, and potassium from 38.32 ppm to 69.88-139.08 ppm. Soil electrical conductivity also increased from 220.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to 271.50-369.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The revegetation of grass and legume systems enriched with organic fertilizer, NPK fertilizer, and mycorrhiza substantially enhanced soil biological activity. Mycorrhiza root colonization increased from 30.76% to 82.09-90.75%. Populations of *Azotobacter* increased from 0.34×10^5 cfu/g to $7.80-13.58 \times 10^5$ cfu/g, while *Azospirillum* increased from 3.50×10^4 cfu/g to $1.20-4.50 \times 10^5$ cfu/g. In legume species, *Rhizobium* colonies increased from 1.93×10^5 cfu/g to $9.85-18.30 \times 10^5$ cfu/g.

An *in situ* ration simulation comprising 63% Pakchong grass and 37% Indigofera legumes represented the most optimal feeding scenario for intensive livestock farming, achieving a livestock carrying capacity of 7.64 animal units (AU), equivalent to 54 goats, on limestone post-mining land in Ajibarang District, Banyumas Regency, Central Java Province. This ration contained 11.13% ash, 18.96% CP, 3.68% EE, 23.09 CF, 55.94% NDF, and 29.15% ADF. In addition, the ration exhibited DMD and OMD values of 64.39% and 63.28%, respectively, with a feed cost of IDR 2,141 per kg.

The findings of this study showed that limestone post-mining land in Banyumas Regency, Central Java Province, has an alkaline pH, low fertility, and low productivity of native plants. The addition of mycorrhizae, organic fertilizers, and NPK fertilizers improves the adaptability and productivity of introduced forage plants as a source of green fodder. Revegetation of forage plants with a combination of fertilization can improve soil pH, soil chemical properties of C, N, P, K, and rhizosphere microbes. Introduced forage plants can be utilized for the development of sustainable *in-situ* rations systems for livestock.

Keywords: fertilizers, forage plant species, *in-situ* ration systems, limestone post-mining, productivity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2026
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



KAJIAN SPESIES TANAMAN PAKAN DAN PENAMBAHAN PUPUK PADA LAHAN PASCATAMBANG KAPUR UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM RANSUM *IN SITU*

HARWANTO

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

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Asep Tata Permana, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Ir. I Komang Gede Wiryawan

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. I Komang Gede Wiryawan
- 2 Ir. Novie Andri Setianto, S.Pt., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Judul Disertasi : Kajian Spesies Tanaman Pakan dan Penambahan Pupuk pada Lahan Pascatambang Kapur untuk Pengembangan Sistem Ransum *In Situ*
Nama : Harwanto
NIM : D2601221009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Luki Abdullah, M.Sc.Agr.
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Panca Dewi Manu Hara Karti Soewondo, M.Si.
Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Suwardi, M.Agr.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, M.S.
NIP. 19611005 198503 2 001
Dekan Fakultas Peternakan:
Prof. Dr. Ir. Idat Galih Permana, M.Sc.Agr.
NIP. 19670506 199103 1 001

Tanggal Ujian Tertutup: 18 Februari 2026
Tanggal Sidang Promosi: 12 Maret 2026

Tanggal Lulus:

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, sehingga atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul Kajian Spesies Tanaman Pakan dan Penambahan Pupuk pada Lahan Pascatambang Kapur untuk Pengembangan Sistem Ransum *In Situ*. Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang membiayai pendidikan melalui program Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) dan pendanaan riset skema penelitian disertasi doktor (PDD) tahun 2023 dan 2024. Penelitian dilaksanakan dari tahun 2023 sampai dengan tahun 2025. Penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Ir. Luki Abdullah, M.Sc.Agr. sebagai ketua komisi pembimbing, kepada Prof. Dr. Ir. Panca Dewi Manu Hara Karti Soewondo, M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Suwardi, M.Agr. selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, nasihat, saran, maupun semangat untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi.
2. Dr. Ir. Didid Diapari, MS dan Dr.rer.nat. Nur Rochmah Kumalasari, S.Pt., M.Si., selaku penguji luar komisi saat ujian kualifikasi doktor, Dr. Ir. Widya Hermana, M.Si, selaku moderator kolokium, Dr. Ir. Etih Sudarnika, M.Si., selaku moderator seminar hasil. Dr. Ir. Asep Tata Permana, M.Sc. selaku penguji luar komisi pembimbing pada ujian tertutup disertasi, Prof. Dr. Ir. I Komang Gede Wiryawan dan Ir. Novie Andri Setianto, S.Pt., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku penguji luar komisi pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, M.S., selaku penguji perwakilan prodi pada ujian sidang promosi doktor. Terima kasih telah memberi masukan dan saran dalam penyempurnaan disertasi.
3. Rektor IPB University, Dekan Sekolah Pascasarjana, Dekan Fakultas Peternakan, Ketua Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Ketua dan Sekretaris Program Studi S3 Ilmu Nutrisi dan Pakan, serta staf sekretariat prodi yang memberi kesempatan belajar dan pelayanan akademik terbaik.
4. Seluruh staf pengajar dan tenaga kependidikan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama menempuh pendidikan doktor di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan.
5. Rektor Universitas Jenderal Soedirman dan Dekan Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberi kesempatan perizinan tugas belajar untuk penulis menempuh pendidikan doktor.
6. Staf pengajar Laboratorium Agrostologi Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman (Ir. Nur Hidayat, M.Si, IPM, Prasetyo S.Pt., M.Pt, dan Annistia Rahmadian Ulfah, S.Si., M.Si.) selaku rekan diskusi dan membantu pelaksanaan penelitian.
7. Seluruh staf pengajar dan tenaga kependidikan Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dukungannya selama penulis menjalani tugas belajar.

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.



8. Segenap pimpinan PT Sinar Tambang Arthalestari, Bapak Dedi (HRGASH Depthead), Bapak Anjar Ariyantoro S.T., Bapak Ir Trio Budi yang telah memberikan izin pelaksanaan penelitian di lahan reklamasi pascatambang kapur serta warga masyarakat Ajibarang (Bapak Yusup dan Bapak Machmud) yang telah membantu kegiatan penelitian
9. Mahasiswa Fakultas Peternakan Unsoed angkatan 2020 (Raihan, Lina, Pradava, Elang, Jundi, Rifqi, Ega, Laila), Angkatan 2021 (Dea, Rasid, Pradika, Veron, Anam) dan Angkatan 2022 (Irkham, Lusi, Desi, Nafi dan Jauhar) yang telah membantu pelaksanaan penelitian mulai tahun 2023-2025.
10. Teman-teman Mahasiswa S3 Prodi INP Angkatan 2022 (Pak Teguh, Pak Dudi, Mas Irwan, Pak Raymundus, Teh Ihat, Mbak Mardiah, Mbak Lolita dan Mbak Dimar, terimakasih atas dukungannya selama studi di IPB serta untuk teman teman seperjuangan di bidang Agrostologi (Pak Yone, Pak Anton dan Mbak Dian) atas dukungannya selama penelitian di lapangan.
11. Bapak Parjo Tri Raharjo (Alm) dan Ibu Supana sebagai orang tua serta saudara kandung beserta keluarganya (Mbak Parjilah, Mas Parjoko dan Mas Parmanto) yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab studi dan penyusunan disertasi.
12. Bapak Walidiharjo (Alm) dan Ibu Wagiyati sebagai orang tua mertua beserta keluarga (Mbak Ari, Mbak Emi, Mas Rumadiarta, Mas Kunto, dan Mbak Hestu) yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab studi dan penyusunan disertasi.
13. Galih Pawening, istri tercinta dan kedua anak penulis Hafiza Hayyu Pratista dan Haidar Hadi Narendra atas segala doa, dukungan yang tiada hentinya kepada penulis dalam menjalankan riset, waktu yang diberikan dalam membantu penulis menyelesaikan disertasi ini, dan afirmasi positif yang selalu diberikan kepada penulis.

Disertasi ini merupakan karya besar dalam perjalanan hidup penulis. Penulis senantiasa berharap semoga karya ilmiah dapat memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan khususnya terkait bidang nutrisi pakan. Semoga Allah membalas kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan dengan yang lebih baik.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, April 2026

Harwanto

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan	4
1.7 Hipotesis	4
II KAJIAN SIFAT KIMIA TANAH, TANAMAN LOKAL DAN MIKROFAUNA INDIGENOUS	5
2.1 Abstrak	5
2.2 Pendahuluan	5
2.3 Metode	6
2.4 Hasil dan Pembahasan	14
2.5 Simpulan	23
III KAJIAN SPESIES TANAMAN PAKAN DAN PENAMBAHAN PUPUK DI LAHAN PASCATAMBANG KAPUR	24
3.1 Abstrak	24
3.2 Pendahuluan	24
3.3 Metode	25
3.4 Hasil dan Pembahasan	32
3.5 Simpulan	68
IV DINAMIKA KESUBURAN LAHAN PASCATAMBANG KAPUR SETELAH REVEGETASI TANAMAN PAKAN	69
4.1 Abstrak	69
4.2 Pendahuluan	69
4.3 Metode	70
4.4 Hasil dan Pembahasan	75
4.5 Simpulan	83
V SIMULASI SISTEM RANSUM <i>IN SITU</i> BERBAGAI SPESIES TANAMAN PAKAN INTRODUKSI	84
5.1 Abstrak	84
5.2 Pendahuluan	84
5.3 Metode	85
5.4 Hasil dan Pembahasan	87
5.5 Simpulan	98
VI PEMBAHASAN UMUM	99
VII SIMPULAN DAN SARAN	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	122

DAFTAR TABEL

1	Karakteristik kimia tanah pascatambang kapur	15
2	Kapasitas tampung dari tanaman lokal di lahan pascatambang kapur	18
3	Komposisi, produksi dan kandungan nutrisi tanaman lokal	19
4	Fraksi serat, estimasi konsumsi dan estimasi pencernaan bahan kering	21
5	Mikrofauna indigenous pada rhizosfer tanah pascatambang kapur	22
6	Komposisi kimia pupuk organik	26
7	Dosis dan kontribusi penambahan pupuk awal penanaman	27
8	Konversi dosis pupuk dengan jumlah tanaman per-petak	28
9	Karakteristik pertumbuhan rumput pakchong di lahan pascatambang kapur	32
10	Produksi biomassa rumput pakchong di lahan pascatambang kapur	36
11	Kandungan nutrisi rumput pakchong yang ditanam di lahan pascatambang kapur	39
12	Karakteristik pertumbuhan legum indigofera di lahan pascatambang kapur	41
13	Produksi biomassa legum indigofera di lahan pascatambang kapur	43
14	Kandungan nutrisi legum indigofera yang ditanam di lahan pascatambang kapur	45
15	Karakteristik pertumbuhan rumput odot di lahan pascatambang kapur	48
16	Produksi biomassa rumput odot di lahan pascatambang kapur	49
17	Kandungan nutrisi rumput odot yang ditanam di lahan pascatambang kapur	50
18	Karakteristik pertumbuhan rumput BD di lahan pascatambang kapur	52
19	Produksi biomassa rumput BD di lahan pascatambang kapur	53
20	Kandungan nutrisi rumput BD yang ditanam di lahan pascatambang kapur	54
21	Karakteristik pertumbuhan legum desmanthus di lahan pascatambang kapur	55
22	Produksi biomassa legum desmanthus di lahan pascatambang kapur	57
23	Kandungan nutrisi legum desmanthus yang ditanam di lahan pascatambang kapur	58
24	Karakteristik pertumbuhan dan produksi biomassa legum sentro	60
25	Kandungan nutrisi legum sentro yang ditanam di lahan pascatambang kapur	61
26	Karakteristik fermentasi rumen secara <i>in vitro</i> rumput pakchong	62
27	Karakteristik fermentasi rumen secara <i>in vitro</i> rumput odot dan rumput BD	64
28	Karakteristik fermentasi rumen secara <i>in vitro</i> legum indigofera	66
29	Karakteristik fermentasi rumen secara <i>in vitro</i> legum desmanthus dan legum sentro	67
30	Dinamika kimia tanah pada rhizosfer tanah setelah pemupukan dan revegetasi	76
31	Dinamika densitas FMA pada rhizosfer tanah setelah pemupukan dan revegetasi	80
32	Dinamika mikrofauna pada rhizosfer tanah setelah pemupukan dan revegetasi	82

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.

33	Proporsi (%) tanaman penyusun dan kandungan nutrisi ransum <i>in situ</i>	88
34	Kapasitas tampung ternak dari simulasi ransum <i>in situ</i>	92
35	Karakteristik fermentasi <i>in vitro</i> dari simulasi ransum <i>in situ</i>	93
36	Biaya produksi hijauan pakan dari rumput introduksi tahun pertama	95
37	Biaya produksi hijauan pakan dari legum introduksi tahun pertama	96
38	Simulasi harga ransum <i>in situ</i> (harga/kg)	98

DAFTAR GAMBAR

1	Lanskap area penelitian di lahan reklamasi pascatambang kapur	7
2	Kondisi lingkungan selama pemeliharaan dan pemanenan	29
3	Stabilitas nilai PK	90
4	Kerangka empiris hasil penelitian	100

DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi publikasi artikel ilmiah	123
2	Daftar riwayat hidup	125

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.