



Perubahan Komponen Serat dalam Tepung Daun Kelor yang Difermentasi menggunakan Jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1

*Changes in Fiber Components in Fermented Moringa Leaf Flour using *Trichoderma koningiopsis* AA1*

Dhimas Ivan Riyadi¹, Ali Mursyid Wahyu Mulyono^{*1}, Muhammad Husein¹, Sri Sukaryani¹, Nguyen Hoang Qui²

¹ Department of Animal Science, Universitas Veteran Bangun Nusantara. Jl. Letjen Sujono Humardani No.1, Sukoharjo 57521, Sukoharjo, Central java, Indonesia

² Department of Animal Science and Veterinary Medicine, School of Agriculture and Aquaculture, Tra Vinh University, No. 126, Nguyen Thien Thanh Street, Ward 4, District 5, Tra Vinh City, Tra Vich Province, Vietnam

* Corresponding Author: alimursyidwahyum@gmail.com

ARTICLE HISTORY:

Submitted: 09 June 2025

Revised: 01 July 2025

Accepted: 01 July 2025

Published: 01 November 2025

KATA KUNCI:

Fermentasi

Tepung Daun Kelor

Trichoderma koningiopsis

Komponen serat

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fermentasi tepung daun kelor menggunakan *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) dengan variasi lama fermentasi 0 hari, 4 hari, dan 8 hari terhadap kandungan serat kasar, Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), selulosa, dan hemiselulosa. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Sidik Ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $P < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi tepung daun kelor dengan jamur STk-AA1 berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kandungan serat kasar, NDF, ADF, selulosa, dan hemiselulosa. Peningkatan kandungan serat kasar, NDF, dan ADF disebabkan oleh keberadaan kitin pada dinding sel jamur *Trichoderma*, sedangkan peningkatan kandungan selulosa dan hemiselulosa disebabkan oleh aktivitas enzimatis yang dihasilkan oleh jamur STk-AA1, seperti selulase dan hemiselulase, yang bekerja selama proses fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam terkait dengan variasi jenis jamur STk-AA1 lain dan pengaruh suhu serta kelembaban pada proses fermentasi untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal pada kandungan serat dan komponen lainnya.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of fermenting Moringa leaf flour using *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) with different fermentation durations (0, 4, and 8 days) on the content of crude fiber, Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), cellulose, and hemicellulose. A Completely Randomized Design (CRD) was used, consisting of three treatments with three replications each. The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) with a significance level of $P < 0.05$. The results showed that fermentation of Moringa leaf flour with STk-AA1 had a significant effect on increasing the levels of crude fiber, NDF, ADF, cellulose, and hemicellulose. The increase in crude fiber, NDF, and ADF was attributed to the presence of chitin in the fungal cell wall, while the increase in cellulose and hemicellulose content was due to the enzymatic activity produced by STk-AA1, such as cellulase and hemicellulase, during the fermentation process. Based on these

KEYWORDS:

Fermentation

Moringa Leaf Flour

Trichoderma koningiopsis

Fiber components

collaboration with Indonesian Society of
Animal Science (ISAS).
This is an open access article under the CC
BY 4.0 license:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

findings, further research is recommended to explore different strains of STk-AA1 and the effects of temperature and humidity during fermentation to optimize fiber content and other components.

1. Pendahuluan

Tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) mempunyai keunggulan nutrisi yang sangat baik untuk kesehatan. Menurut penelitian dari (Marhaeni 2021) Tepung daun kelor kaya nutrisi yang bersifat fungsional bagi kesehatan dan peningkatan kualitas hidup. Daun kelor kaya akan nutrisi, mineral, vitamin, antioksidan dan kadar zat besi yang terkandung didalam tepung daun kelor sangatlah tinggi (Zaddana *et al.* 2022). Selain itu, Tepung daun kelor dapat membantu untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh (Lubis *et al.* 2021), dapat meningkatkan metabolisme tubuh (Matondang *et al.* 2024), dapat meningkatkan imunitas tubuh (Britany *et al.* 2020), dapat meningkatkan gizi (Conterius *et al.* 2024), dapat mempercepat penyembuhan luka (Indriani *et al.* 2024), dapat mengoptimalkan kinerja tubuh (Asmaq *et al.* 2023), dapat meredakan sakit demam (Alamsyah *et al.* 2022), dapat mengurangi peradangan luka (Ola 2020).

Selain memiliki keunggulan tersebut, Tepung daun kelor mengandung antioksidan, antituriem dan serat kasar. Menurut penelitian dari (Kantja *et al.* 2022) tepung daun kelor memiliki kandungan serat kasar dengan persentase yang tinggi, yakni 11,44%. Kandungan serat kasar pada tepung daun kelor mencakup komponen utama seperti, *Neutral Detergent Fiber* (NDF), *Acid Detergent Fiber* (ADF), selulosa dan hemiselulosa. Menurut (Sudirman *et al.* 2015) *Neutral Detergent Fiber* (NDF) dan *Acid Detergent Fiber* (ADF) merupakan komponen serat kasar dalam dinding sel tanaman dengan tingkat pencernaan rendah, sementara selulosa dan hemiselulosa dapat dicerna oleh mikroba. Sehingga kandungan serat kasar pada tepung daun kelor dapat dimanfaatkan sebagai pakan hewan ternak. Menurut (Putri *et al.* 2022) Tepung daun kelor juga dapat menjadikan pakan alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada pakan komersial dengan harga mahal. Akan tetapi, Komponen serat kasar yang tinggi dapat menurunkan daya cerna ternak dan dapat menyebabkan efisiensi pakan rendah sama dengan pernyataan dari (Amheka *et al.* 2024 dan Faturohman *et al.* 2022). Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan bioteknologi pengolahan pakan salah satunya melalui proses fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme yang menjadikan metode potensial untuk

meningkatkan kualitas nutrisi tepung daun kelor. Menurut pernyataan dari (Lestari *et al.* 2021 dan Mauludyani *et al.* 2020) fermentasi dapat meningkatkan kualitas pakan.

Fermentasi dengan menggunakan jamur *Trichoderma* merupakan salah satu mikroorganisme yang berpengaruh penting dalam proses fermentasi. *Trichoderma* merupakan jamur yang mempunyai kemampuan luar biasa dalam memecahkan komponen komponen yang sulit dicerna. Menurut pernyataan dari (Putri, 2020 dan Mulyono *et al.* 2025) Proses fermentasi pakan menggunakan jamur *Trichoderma* menghasilkan enzim selulolitik yang berperan dalam peningkatan kandungan nutrisi melalui aktivitas metabolisme. Menurut (Apriani *et al.* 2024) fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme *Trichoderma* dapat meningkatkan pencernaan pada hewan ternak. Menurut penelitian dari (Simanihuruk *et al.* 2022) fermentasi dengan memanfaatkan jamur *Trichoderma* mampu meningkatkan protein bahan pakan dan bahan berselulosa dapat mengaktivasi produksi enzim selulase.

Dari penelitian sebelumnya fermentasi menggunakan jamur *Trichoderma* dapat mendegradasi kandungan serat kasar pada kulit kopi (Ratih *et al.* 2018), pelepah sawit (Jaelani *et al.* 2015), tongkol jagung (Rostini *et al.* 2022), ampas tahu (Nurhayati *et al.* 2020), eceng dongok (Sarjono *et al.* 2012) sedangkan penelitian saya menggunakan proses fermentasi dengan jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 yang dapat mendegradasi kandungan serat kasar pada daun kelor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kandungan serat kasar tepung daun kelor yang difermentasi menggunakan *Trichoderma koningopsis* AA1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk pengembangan disektor pakan ternak sehingga peneliti ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya

2. Materi dan Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Peertanian Universitas Veteran Bangun Nusantara di Sukoharjo, Jawa Tengah selama 6 bulan.

2.2 Materi Penelitian

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah Oven, Nampan stenlis, Bunsen, Kain penutup, Nampan plastic, Botol kaca, Autoclave, Timbangan analitik, Spirtus stenlis, Vakum, Stitter, Tabung ukur, Kompor, Blender, Sarung tangan, Spatula laboratorium.

Persiapan substrat

Pada penelitian ini menggunakan daun kelor sebagai substrat. Daun kelor yang di keringkan dengan panas matahari selama 4 hari. Daun kelor yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan menggunakan blander hingga menjadi tepung, lalu di saring menggunakan alat penyaring berukuran 1 mm. Tepung daun kelor di timbang sebanyak 1000 g dan sterilisasi dengan autoclave bertekanan 15 psi selama 15 menit. Tepung daun kelor yang telah di steril siap digunakan.

Prosedur Fermentasi

Proses fermentasi di lakukan dengan memasukkan 1000 g tepung daun kelor, 300 ml mikrobia, dan 500 ml aquades steril dalam wadah baki plastik. Semua bahan di aduk sampai tercampur rata. Campuran Substrat dan mikrobia di masukan ke dalam bioreaktor dengan ukuran 42 cm yang terbuat dari bambu dengan ketebalan 2 cm lalu tutup dan di tempatkan di rak susun, inkubasi dengan lama sesuai perlakuan. Tepung daun kelor fermentasi di panen dengan cara di keringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 2 hari. Daun kelor fermentasi di haluskan dengan blender selanjutnya di kemas dengan vakum sealer dan diberi label.

Persiapan Mikroba

Mikrobia di siapkan dengan membuat larutan molases dengan memasukkan aquades 300 ml dan molases sebanyak 20 ml ke dalam erlenmeyer ukuran 1000 ml. Larutan molases di sterilisasi dengan autoclave bertekanan 15 psi selama 15 menit. Tepung Starter *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) (Mulyono et al. 2025) koleksi Prodi Peternakan Universitas Veteran Bangun Nusantara sebanyak 20 g di masukan ke dalam erlenmayer berisi larutan molases lalu di tutup dan di inkubasi secara aerob selama 24 jam.

2.3 Metode Penelitian

Analisis Serat Kasar Menggunakan Metode Proksimat (AOAC, 1990)

Penentuan kadar serat kasar menggunakan metode analisis proksimat (AOAC, 1990) seperti yang dilakukan (Syamsi et al. 2022). Sebanyak 1 g sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam beaker glass 600 ml, lalu ditambah 25 ml NaOH 1,5N. Campuran tersebut dipanaskan hingga mendidih selama 30 menit. Setelah proses pemanasan, campuran disaring menggunakan kertas saring bebas abu yang sebelumnya telah dikeringkan dalam oven 105°C selama 2 jam. Kertas saring kemudian didinginkan dalam desikator selama 20 menit dan ditimbang menggunakan timbangan analitik. Proses penyaringan dilanjutkan dengan menggunakan corong Buchner yang terhubung ke pompa vakum untuk memisahkan residu serat. Residu yang tertinggal dicuci berurutan dengan 50 ml aquades, 50 ml larutan H₂SO₄ 0,3N, 25 ml alkohol dan 25 ml aseton. Serat yang tertinggal di atas kertas saringan kemudian dipindahkan ke cawan porselin dan dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu ditimbang. Selanjutnya, sampel dibakar dalam tanur pada suhu 500°C selama 1 jam. Setelah didinginkan dalam desikator, sampel kembali ditimbang. Kandungan serat kasar dihitung berdasarkan selisih berat sebelum dan sesudah proses pengabuan, sesuai dengan rumus yang telah ditentukan:

$$\% \text{ serat kasar} = \frac{c - d - b}{a} \times 100 \%$$

Keterangan:

a = hasil timbang sampel (g)

b = hasil timbang kertas saring (g)

c = hasil timbang cawan + kertas saring + serat kering (g)

d = hasil timbang cawan kertas + abu (g)

Analisis Neteral Detergent Fiber (NDF) Menggunakan Metode Van Soest (1982)

Penentuan Kandungan Neutral Detergent Fiber (NDF) Prosedur analisis serat berdasarkan petunjuk Van Soest (1982) seperti yang dilakukan (Novite et al. 2024). Larutan detergent netral (NDS) disiapkan dengan melarutkan 30.0 g sodium lauryl sulfate, 18.61 disodium ethylene diamine tetra acetate, 6.81 g sodium borate decahydrate, 4.56 disodium hydrogen phosphate, dan 10 ml 2-ethanol ke dalam 1000 ml aquades. Sampel yang telah dihaluskan menggunakan blender ditimbang dan dimasukkan ke dalam

gelas beker berukuran 600 ml. Selanjutnya, 100ml larutan NDS dan 0,5 g sodium sulfat (Na_2SO_4) ditambahkan ke dalam gelas. Campuran ini kemudian dipanaskan hingga mendidih selama 1 jam menggunakan pendingin tegak. Setelah perebusan selesai, campuran disaring menggunakan krusibel porselen yang telah diketahui beratnya awalnya, dengan bantuan pompa vakum. Residu yang tertinggal dicuci berulang kali menggunakan aquades panas bersuhu 80°C , lalu dibilas kembali dengan aseton (CH_3COH_3) hingga bersih. Krusibel yang berisi residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga beratnya stabil, lalu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Kandungan NDF dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan :

$$\text{NDF (\%)} = \frac{c - b}{a} \times 100 \%$$

Keterangan :

a = hasil timbang sampel (dalam bentuk bahan kering) (g)

b = hasil timbang krusibel kosong (g)

c = hasil timbang krusibel dan residu setelah pengeringan (g)

Analisis Acid Detergent Fiber (ADF) Menggunakan Metode Van Soest (1982)

Menggunakan analisis kadar Acid Detergent Fiber (ADF) menurut Van Soest (1982) seperti yang dilakukan (Tsaal et al. 2024). Pembuatan larutan deterjen asam (ADS) 20% dilakukan dengan melarutkan 20 g acetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) dan 49.04 g asam sulfat (H_2SO_4) 1N dalam aquades hingga mencapai volume total 1.000 ml. Sampel yang telah dihaluskan ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas beker berkapasitas 600 ml, kemudian ditambahkan 100 ml larutan ADS 20%. Campuran tersebut dipanaskan hingga mendidih selama 1 jam menggunakan pendingin balik, dengan perhatian khusus agar tidak terjadi pembentukan busa. Setelah pemanasan, campuran disaring menggunakan krusibel porselen yang sebelumnya telah diketahui bobotnya, dengan bantuan pompa vakum. Endapan yang tertinggal kemudian dicuci menggunakan aquades panas bersuhu 80°C , dilanjutkan dengan pencucian menggunakan aaseton hingga bersih. Selanjutnya, filter dan endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 1 jam kemudian dan ditimbang kembali. Nilai ADF dihitung berdasarkan perbedaan bobot krusibel sebelum dan sesudah proses, sesuai rumus yang telah ditentukan :

$$\text{ADF (\%)} = \frac{c - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = hasil timbang sampel (g BK)

b = hasil timbang krusibel kering (g)

c = hasil timbang krusibel dan endapan kering oven (g)

Analisis Selulosa dan Hemiselulosa Menggunakan Metode Van Soest (1985)

Menentukan kadar selulosa dan hemiselulosa dengan metode Van Soest (1985) seperti yang dilakukan oleh (Bina *et al.* 2023). Sempel ADF yang telah ditempatkan dalam saringan kaca sinter diletakan di atas cawan petridisk, kemudian ditambahkan sebanyak 20 ml larutan H₂SO₄ 72%. Campuran diaduk agar seluruh serat tercampur merata dan terendam sempurna oleh asam, lalu didiamkan selama 3 jam. Setelah itu, larutan disaring menggunakan pompo vakum sambil dibilass dengan aquades panas. Sempel kemudian dikeringkan dalam oven selama 8 jam pada suhu 100°C, lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah dikeringkan sampel disimpan dalam eksikator sebelum dilakukan penimbangan. Selanjutnya, sampel dimasukan kedalam tanur listrik dan dibakar pada suhu 500°C selama 2 jam. Setelah proses pembakaran selesai, sampel dibiarkan dingin, kemudian disimpan kembali dalam eksikator selama 30 menit. Langkah terakhir adalah melakukan penimbangan untuk menghitung kadar selulosa dan hemiselulosa menggunakan rumus yang telah ditentukan sebagai berikut:

$$\% \text{ Selulosa} = \% \text{ ADF} - \% \text{ Abu yang terlarut} - \% \text{ Lignin}$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \% \text{ NDF} - \% \text{ ADF}$$

Analisis data

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola searah, yang melibatkan perlakuan fermentasi selama 0 hari (kontrol), 4 hari, dan 8 hari. Masing-masing perlakuan dilakukan dalam tiga ulangan. Data variabel pengamatan di analisis menggunakan uji Analisis Varian (ANOVA) searah dan apabila terdapat perbedaan antara perlakuan secara lebih rinci. Interpretasi hasil dilakukan dengan membandingkan pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan komponen serat.

3. Hasil dan Pembahasan

Serat Kasar merupakan bagian dinding sel yang tidak dapat dicerna, namun penting untuk proses pencernaan dan kesehatan hewan (Nursiam *et al.*, 2021). Serat kasar terdiri dari komponen dinding sel tumbuhan, seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Hidayat *et al.*, 2021, Bahar *et al.*, 2023 dan Bina *et al.*, 2023). Serat kasar adalah komponen penting dalam pakan ternak, terutama bagi ruminansia, karena berperan dalam meningkatkan pencernaan (Junaidi *et al.*, 2024, Aling *et al.*, 2020 dan Karyono *et al.*, 2022).

Komponen serat pada daun kelor yang difermentasi menggunakan jamur STk-AA1 pada hari ke-0, ke-4, dan ke-8 mengalami peningkatan yang signifikan ($P < 0,05$). Dalam penelitian ini, pengukuran komponen serat dilakukan terhadap parameter Serat Kasar, Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), Selulosa, dan Hemiselulosa. Hasil pengukuran komponen serat dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komponen serat tepung daun kelor yang difermentasi dengan jamur STk-AA1 meliputi Serat kasar, *Neutral Detergent Fiber* (NDF), *Acid Detergent Fiber* (ADF), Selulosa dan Hemiselulosa.

Parameter	Perlakuan		
	DKF 0 Hari	DKF 4 Hari	DKF 8 Hari
Serat kasar (%)	10,64 ^a	13,34 ^b	14,85 ^b
Neutral Detergent Fiber (NDF) (%)	19,26 ^a	24,66 ^b	29,68 ^c
Acid Detergent Fiber (ADF) (%)	16,12 ^a	20,11 ^b	22,17 ^c
Selulosa (%)	13,08 ^a	13,68 ^b	15,81 ^c
Hemiselulosa (%)	3,1 ^a	4,5 ^a	7,5 ^b

Keterangan :

DKF: Daun Kelor Fermentasi

Huruf superskrip yang berbeda dalam kolom pada baris yang sama menunjukkan perbedaan tingkat signifikansi

3.1 Pengaruh perubahan Kandungan Serat kasar Tepung Daun Kelor Yang Difermentasi Menggunakan Jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 (STk-AA1)

Kandungan serat kasar pada tepung daun kelor tergolong tinggi. Seperti yang dijelaskan (Angelina *et al.* 2021) Tepung daun kelor memiliki kandungan serat kasar berupa selulosa (11%), hemiselulosa (10.24%) dan lignin (2.41%). Hal tersebut menyebabkan kandungan serat sulit dicerna oleh tubuh ternak. Perlu adanya pengelolaan untuk menurunkan kandungan serat kasar yaitu fermentasi. Fermentasi menggunakan jamur *Trichoderma* dapat menurunkan kandungan serat kasar. Seperti penjelasan dari (Rostini *et al.*, 2022 dan Nugroho *et al.*, 2024) Proses fermentasi dapat menurunkan

kandungan serat kasar. Akan tetapi, pada penelitian ini kandungan serat kasar tepung daun kelor yang difermentasi dengan jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) mengalami peningkatan pada kandungan serat kasar.

Pada penelitian ini menunjukkan hari ke-0 (tanpa fermentasi), kandungan serat kasar tepung daun kelor adalah 10.64%, yang merupakan nilai dasar sebelum fermentasi dilakukan. Setelah fermentasi selama 4 hari, kandungan serat kasar meningkat menjadi 13.34%, dan pada fermentasi selama 8 hari, kandungan serat kasar lebih lanjut meningkat menjadi 14.85%. Hasil analisis uji analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan serat kasar ini signifikan secara statistik ($P < 0.05$). Hal ini berarti bahwa perubahan kandungan serat kasar antara perlakuan fermentasi 0 hari, 4 hari, dan 8 hari.

Peningkatan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan dinding sel pada jamur STk-AA1 selama proses fermentasi. Jamur STk-AA1 memiliki dinding sel yang mengandung kitin, yang dapat meningkatkan kandungan serat kasar. Menurut penjelasan dari (Widiasri et al. 2024) kitin dapat berkontribusi terhadap peningkatan kandungan serat kasar. Kitin adalah polisakarida yang terdiri dari unit glukosamin yang terhubung melalui ikatan β -1,4-glikosidik, sebagaimana dijelaskan oleh (Natsir et al. 2012). Jumlah kitin meningkat seiring dengan lamanya proses fermentasi. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kandungan kitin pada jamur *STk-AA1* selama proses fermentasi. Hal ini penting untuk memastikan peningkatan kandungan serat kasar yang dihasilkan akibat perubahan pada sel dinding jamur *STk-AA1*, yang sebagian besar terdiri dari kitin. jadi, peningkatan serat kasar ini kemungkinan besar bukan kontribusi dari daun kelor yang difermentasi.

3.2 Pengaruh perubahan Kandungan Netral Detergent Fiber (NDF) Tepung Daun Kelor Yang Difermentasi Menggunakan Jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1)

Tepung daun kelor merupakan sumber pakan ternak yang kaya akan protein yang tinggi. Namun memiliki kandungan serat yang cukup tinggi. (Angelina et al. 2021) menyatakan bahwa kandungan serat pada daun kelor kering mencapai 12.36%. Dalam penelitian ini, proses fermentasi tepung daun kelor menggunakan jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) terbukti dapat meningkatkan kadar *Neutral Detergent*

Fiber (NDF). NDF adalah indikator yang digunakan untuk mengukur kandungan serat dalam pakan ternak, yang mencakup komponen seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, silika dan kitin sama dengan penjelasan dari (Wijayanti *et al.* 2012). NDF mencerminkan struktur dinding sel yang berasal dari tumbuhan sama seperti yang dijelaskan (Ali *et al.* 2021) dan merupakan bagian dari serat yang tersisa setelah pakan diproses dengan deterjen netral, yang berfungsi untuk memisahkan komponen serat dari protein dan karbohidrat yang dapat dicerna sama dengan penjelasan dari (Marup *et al.* 2024).

Hasil analisis uji analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan NDF pada tepung daun kelor yang difermentasi dengan STk-AA1 sangat signifikan ($P < 0.05$). Hal ini mengindikasikan bahwa fermentasi dengan STk-AA1 mempengaruhi secara nyata kandungan NDF dalam tepung daun kelor. Seiring berjalannya lama fermentasi. Pada hari ke-0, kandungan NDF tercatat sebesar 19.26%, yang merupakan nilai awal sebelum dilakukan proses fermentasi. Setelah 4 hari fermentasi, kandungan NDF meningkat menjadi 24.66%, dan pada hari ke-8, kandungan NDF mencapai 29.68%. Komponen utama NDF berasal dari dinding sel tanaman sama dengan pernyataan dari (Yanti *et al.* 2021). Peningkatan hasil uji NDF dapat disebabkan oleh peningkatan dinding sel jamur yang berupa kitin. Menurut beberapa penelitian dari jamur tiram (Kusumawati *et al.* 2023), jamur merang (Hasibuan *et al.* 2021), jamur ascomycota spp (Firyal *et al.* 2022) memiliki kandungan sel dinding berupa kitin. Dapat disimpulkan penyebab meningkatnya kandungan NDF pada penelitian ini disebabkan peningkatan sel dinding jamur berupa kitin yang berasal dari STk-AA1. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui berapa banyak kandungan dinding sel berupa kitin yang menyebabkan peningkatan kandungan NDF dalam penelitian fermentasi tepung daun kelor menggunakan STk-AA1.

3.3 Pengaruh perubahan Kandungan Acid Detergent Fiber (ADF) Tepung Daun Kelor Yang Difermentasi Menggunakan Jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 (STk-AA1)

Kandungan serat kasar pada daun kelor memiliki peran yang sangat penting dalam pakan ternak, terutama terkait dengan pengaruhnya terhadap *Acid Detergent Fiber* (ADF). ADF merupakan komponen dari serat tanaman yang sulit dicerna oleh ternak,

termasuk selulosa, hemiselulosa dan lignin seperti yang disampaikan (Aman *et al.* 2022). Tingginya kandungan ADF dalam pakan dapat menurunkan kualitas pakan pada ternak. Kandungan ADF dapat diturunkan dengan proses pengolahan pakan berupa fermentasi seperti yang dijelaskan (Novite *et al.* 2024). Akan tetapi, pada penelitian ini kandungan ADF pada fermentasi tepung daun kelor dengan menggunakan jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) mengalami peningkatan pada kandungan ADF.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan ADF pada tepung daun kelor yang difermentasi dengan jamur STk-AA1 mengalami peningkatan signifikan seiring dengan lamanya waktu fermentasi. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai ADF pada hari ke-0 adalah 16.12%, meningkat menjadi 20.11% pada hari ke-4, dan mencapai 22.17% pada hari ke-8. Hasil analisis uji analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa peningkatan ini bersifat signifikan dengan nilai ($P < 0.05$).

Pada penelitian ini kandungan ADF mengalami peningkatan setelah fermentasi. Hal ini disebabkan kandungan kitin pada sel dinding jamur STk-AA1 yang meningkat selama proses fermentasi berlangsung. Seperti yang dijelaskan (Hilakore *et al.* 2013) Kandungan kitin pada jamur *Trichoderma* mengalami peningkatan selama proses fermentasi. Kitin adalah polimer yang terbuat dari N-acetylglucosamine dan komponen penting dalam sel dinding jamur. Menurut penjelasannya dari (Rochima 2014) Kitin merupakan homopolimer dari Beta-(1,4)-Nasetil-D-glukosamin dan strukturnya sangat mirip dengan selulosa.

Peningkatan kitin yang berasal dari sel dinding jamur *Trichoderma* dapat memperburuk pencernaan pakan karena kitin bersifat keras dan sulit dicerna oleh sistem pencernaan ternak, mirip dengan lignin yang terdapat pada ADF. Menurut penjelasan dari (Nenggo *et al.* 2024) Kitin merupakan sel dinding yang sulit untuk dicerna dalam saluran pencernaan ternak. Sebagai hasilnya, meskipun fermentasi dengan STk-AA1 mungkin memecah beberapa komponen lain dalam tepung daun kelor, peningkatan kandungan kitin di dalam pakan mengarah pada peningkatan total ADF, yang pada gilirannya dapat mengurangi kualitas pakan dalam hal pencernaan dan ketersediaan nutrisi. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi variasi waktu fermentasi yang lebih lama guna melihat apakah peningkatan nilai ADF terus berlanjut sampai mencapai titik jenuh pada periode tertentu. Penelitian ini dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang durasi fermentasi yang paling efektif dalam meningkatkan kandungan ADF pada tepung daun kelor.

3.4 Pengaruh perubahan Kandungan Selulosa Tepung Daun Kelor Yang Difermentasi Menggunakan Jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 (STk-AA1)

Selulosa merupakan komponen utama yang terdapat dalam serat kasar tumbuhan, termasuk daun kelor. Selulosa merupakan polisakarida yang terbentuk dari rantai panjang molekul glukosa yang terhubung oleh ikatan β -1,4-glikosidik. Menurut penjelasan dari (Siswati et al. 2021) Selulosa merupakan salah satu senyawa polisakarida yang tersusun dari anhidroglukosa dan mempunyai bentuk empiris $C_6H_{10}O_5$ dan menjadi penyusun utama dari dinding sel pada tumbuhan. Kandungan selulosa pada tepung daun kelor cukup tinggi mencapai 11% menurut penjelasan dari (Angelina et al. 2021). Selulosa yang tinggi juga dapat mengurangi ketersediaan energi bagi ternak karena serat yang sulit dicerna mengurangi jumlah energi yang tersedia untuk proses metabolisme ternak. Solusi untuk mengatasi efek negatif dari tingginya kandungan selulosa dalam pakan ternak adalah fermentasi. Menurut penjelasan dari (Nisa et al. 2020) Proses fermentasi dapat menurunkan kandungan selulosa. Akan tetapi Penelitian ini fermentasi tepung daun kelor dengan jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 (STk-AA1) mengalami peningkatan terhadap kandungan selulosa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada tepung daun kelor yang tidak difermentasi (0 hari) adalah sebesar 13.00%. Setelah proses fermentasi selama 4 hari, kandungan selulosa meningkat menjadi 13.68%, dan setelah fermentasi selama 8 hari, kandungan selulosa mencapai 15.81%. Analisis menggunakan uji analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa perbedaan kandungan selulosa antar perlakuan fermentasi tersebut meningkat secara signifikan ($P < 0.05$).

Peningkatan kandungan selulosa ini dapat dijelaskan melalui proses fermentasi yang dilakukan oleh jamur *Trichoderma*. Pendapat ini sama seperti (Ismail Pasue et al. 2019) menyatakan jamur *Trichoderma* dapat meningkatkan kandungan selulosa pada saat proses fermentasi. Jamur *Trichoderma* memiliki kemampuan untuk memodifikasi komponen serat pada daun kelor, termasuk selulosa, melalui aktivitas enzimatik yang dihasilkan selama fermentasi. Pada tahap awal fermentasi (4 hari), *Trichoderma* mulai menghasilkan enzim selulase yang dapat membantu memperbaiki struktur selulosa sama dengan pendapat dari (Wahyuningtyas et al. 2013), sehingga meningkatkan kandungannya dalam tepung daun kelor. Pada fermentasi yang lebih lama (8 hari), proses

enzimatis menjadi lebih efektif, mengarah pada peningkatan kandungan selulosa yang lebih signifikan.

Peningkatan kandungan selulosa ini memiliki dampak penting pada kualitas pakan ternak. Selulosa yang lebih tinggi dapat berfungsi sebagai sumber serat yang lebih baik bagi ternak ruminansia, yang dapat meningkatkan kesehatan pencernaan dan fungsi rumen. Namun, perlu dicatat bahwa keseimbangan antara kandungan selulosa dan komponen lain dalam pakan juga harus diperhatikan agar pencernaan ternak tetap efisien. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses fermentasi tepung daun kelor dengan jamur STk-AA1 dapat meningkatkan kandungan selulosa secara signifikan, yang berpotensi meningkatkan kualitas pakan ternak. Namun, penelitian ini perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memahami lebih dalam tentang pengaruh peningkatan selulosa fermentasi tepung daun kelor dengan jamur STk-AA1 untuk hewan ternak.

3.5 Pengaruh perubahan Kandungan Hemiselulosa Tepung Daun Kelor Yang Difermentasi Menggunakan Jamur Trichoderma koningopsis AA1 (STk-AA1)

Hemiselulosa adalah jenis polisakarida yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan. Menurut penjelasan dari (Utama *et al.* 2022) Hemiselulosa merupakan polisakarida heteropolimer dan komponen utama dinding sel. Hemiselulosa memiliki struktur yang lebih kompleks dan mudah larut dibandingkan dengan selulosa. Menurut penjelasan dari (Bina *et al.* 2023) Kandungan hemiselulosa gampang larut dibandingkan selulosa. Tepung daun kelor masih mengandung berbagai jenis serat, termasuk hemiselulosa, meskipun komposisinya mungkin tidak setinggi serat selulosa. Akan tetapi, kandungan hemiselulosa tinggi dapat menyebabkan efek samping berupa masalah pencernaan pada hewan ternak sama seperti yang dijelaskan oleh (Anggriani *et al.* 2022). Diperlukan teknologi pengolahan pakan untuk menurunkan kandungan hemiselulosa yaitu fermentasi. Pernyataan ini sama dengan penelitian dari (Koni *et al.* 2022) Fermentasi merupakan teknologi pengolahan pakan yang dapat menurunkan kandungan serat kasar yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Namun pada penelitian ini fermentasi tepung daun kelor dengan jamur *Trichoderma koningiopsis* AA1 (STk-AA1) mengalami peningkatan terhadap kandungan hemiselulosa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan hemiselulosa mengalami peningkatan yang signifikan seiring berjalannya waktu fermentasi. Pada hari pertama (0 hari), kandungan hemiselulosa dalam tepung daun kelor tercatat sebesar 3.1%, yang merupakan kadar hemiselulosa sebelum proses fermentasi dilakukan. Setelah fermentasi selama 4 hari, kandungan hemiselulosa meningkat menjadi 4.5%. Peningkatan ini berlanjut pada hari ke-8, di mana kandungan hemiselulosa mencapai 7.5%. Hasil uji analisis varians (ANOVA) yang dilakukan menunjukkan bahwa perbedaan kandungan hemiselulosa pada berbagai waktu fermentasi ($P < 0.05$) adalah signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi fermentasi berpengaruh secara nyata terhadap peningkatan kandungan hemiselulosa.

4. Kesimpulan

Penelitian ini disimpulkan bahwa proses fermentasi tepung daun kelor menggunakan jamur *Trichoderma koningopsis* AA1 (STk-AA1) dapat meningkatkan kandungan komponen serat kasar meliputi *Neutral Detergent Fiber* (NDF), *Acid Detergent Fiber* (ADF), selulosa dan hemiselulosa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini, dengan Nomor kontrak: 108/E5/PG.02.00.PL/2024; 015 LL6/PB.AL.04/2024; 08/061016/PFR/JT/UVBN/VI/2024).

Daftar Pustaka

- Alamsyah, ahmad ghifari, Sari, putri mayang, Hindayati, C. and Pradhana, P. (2022) 'Pemanfaatan Ekstra Daun Kelor (*Moringaceae* *Olievera*) Sebagai Upaya Pencegahan Stunting Pada Balita Di Desa Cinta Rakyat Percut Sei Tuan', *jurnal modeling*, 9, pp. 39–47.
- Ali, A., Rias, A., Adelina, T. and Misrianti, R. (2021) 'Komponen Dinding Sel *Indigofera* (*Indigofera zollingeriana*) di Lahan Gambut Berdasarkan Umur Panen 2, 3, 4 dan 5 Bulan setelah Pemangkasan', *Jurnal Peternakan*, 18(2), p. 115. Available at: <https://doi.org/10.24014/jupet.v18i2.12740>.

- Aling, C., Tuturoong, R.A.V., Tulung, Y.L.R. and Waani, M.R. (2020) 'Kecernaan Serat Kasar Dan Betn (Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen) Ransum Komplit Berbasis Tebon Jagung Pada Sapi Peranakan Ongole', *Zootec*, 40(2), p. 428. Available at: <https://doi.org/10.35792/zot.40.2.2020.28366>.
- Aman, L., Sio, S. and Bira, G.F. (2022) 'Pengaruh Penggunaan Mikroorganisme Lokal (MOL) Cairan Rumen Sapi Pada Level Inokulum yang Berbeda terhadap Nilai Kandungan Serat Jerami Padi Terfermentasi', *Jas*, 7(2), pp. 19–22. Available at: <https://doi.org/10.32938/ja.v7i2.1676>.
- Amheka, zakarias marsel, Dadu, T. and Sruyani, ni nengah (2024) 'Kecernaan Serat Kasar dan Lemak Kasar Babi Grower yang diberi Ransum Mengandung Silase Limbah Sawi Putih (Brassica pekinensia L)', *Animal Agricultura*, 2(1), pp. 433–440.
- Angelina, C., Swasti, Y.R. and Pranata, F.S. (2021) 'Peningkatan Nilai Gizi Produk Pangan Dengan Penambahan Bubuk Daun Kelor (Moringa Oleifera): Review', *Jurnal Agroteknologi*, 15(01), p. 79. Available at: <https://doi.org/10.19184/j-agt.v15i01.22089>.
- Anggriani, N., Definiati, N. and Suharnas, E. (2022) 'Efek Fermentasi Limbah Sayur Dengan Dosis Mol Yang Berbeda Terhadap Kandungan (Ndf,Adf,Hemiselulosa)', *jurnal inspirasi peternakan*, 2(2).
- Apriani, R.R. et al. (2024) 'Pendampingan Fermentasi Pakan Itik Dengan Trichoderma Di Desa Rantau Karau Hilir Dalam Upaya Reduksi Cemarkan Aflatoksin', *Panrita Abdi-Jurnal ...*, 8(3), pp. 615–624. Available at: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/panritaabdi/article/view/23717>.
- Asmaq, N., Warsito, K., Matondang, S.N. and Suhut, A. (2023) 'Uji kandungan nutrisi nugget daging domba dengan pemanfaatan daun kelor', *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, (1), pp. 64–72. Available at: <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i5-si.379>.
- Bahar, H. and Setyawan, R. (2023) 'Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu (Glycine Max (L) Merrill) Sebagai Pakan Ternak Ayam Kampung', *PRIMER: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(6), pp. 623–631. Available at: <https://doi.org/10.55681/primer.v1i6.238>.
- Bina, R.M., Syaruddin, Sahara, L.O. and Sayuti, M. (2023) 'Kandungan Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin Dalam Silase Ransum Komplit Dengan Taraf Jerami Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench) yang Berbeda', *Gorontalo Journal of Equatorial Animals*, 2(1), pp. 48–50.
- Britany, M.N. and Sumarni, L. (2020) 'Pembuatan Teh Herbal Dari Daun Kelor Untuk Meningkatkan Daya Tahan Tubuh Selama Pandemi Covid-19 Di Kecamatan Limo', *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, pp. 1–6. Available at: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>.
- Conterius, rosania E.. and Aran, maria L.. (2024) 'Hubungan Pengetahuan Dan Sikap Orang Tua Tentang Manfaat Moringa Oleifera Dengan Status Gizi Keluarga Di Desa Lewopao', *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat*, 11(2).
- Faturohman, M.R.T., Haryoko, I. and Hidayat, N. (2022) 'Kecernaan In Vitro Serat Kasar Dan Protein Kasar Pakan Ruminansia Berbasis Indigofera Sp. Dengan Kondisi Bahan Yang Berbeda', *Journal of Animal Science and Technology*, 4(2), pp. 247–256.

- Firyal, C.F., Kamal, S. and Mulyadi, M. (2022) 'Spesies Jamur Ascomycota Di Objek Wisata Pucok Krueng Raba Aceh Besar', *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 9(2), p. 252. Available at: <https://doi.org/10.22373/pbio.v9i2.11680>.
- Hasibuan, H.S., Erina, E. and TR, T.A. (2021) 'Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* Sp', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa* ..., 5(2), pp. 88–92. Available at: <http://www.jim.unsyiah.ac.id/FKH/article/view/16525>.
- Hidayat, R., Nurjannah, S. and Permana, H. (2021) 'Penggunaan molases pada silase kulit pisang nangka (*Musa paradisiaca informatica*) terhadap kandungan serat kasar dan protein kasar', *Composite: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(02), pp. 51–57. Available at: <https://doi.org/10.37577/composite.v3i02.342>.
- Hilakore, M.A., Suryahadi, Wiryawan, K. and Mangunwijaya, D. (2013) 'Peningkatan Kadar Protein Putak melalui Fermentasi oleh Kapang *Trichoderma reesei*', *Jurnal Veteriner*, 14(2), pp. 250–254.
- Indriani, R. and Sendra, E. (2024) 'Hubungan Fortifikasi Moringa Oleifera Meningkatkan Imunitas Anggota Keluarga Yang Mempunyai Riwayat Kanker Literatur Riview', *Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan*, 3(2), pp. 100–114.
- Ismail Pasue, I. and Salah, E. (2019) 'Analisis Lignin, Selulosa Dan Hemi Selulosa Jerami Jagung Hasil Di Fermentasi *Trichoderma Viride* Dengan Masa Inkubasi Yang Berbeda', *Jambura Journal of Animal Science*, 1(2), pp. 62–67. Available at: <https://doi.org/10.35900/jjas.v1i2.2607>.
- Jaelani, A., Widaningsih, N. and Mindarto, E. (2015) 'Pengaruh Lama Penyimpanan Hasil Fermentasi Pelepah Sawit oleh *Trichoderma* sp terhadap Derajat Keasaman (pH), Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar (The effect of Storage Length of Fermented Palm Frond by *Trichoderma* sp to pH, Crude Protein and Crude Fib)', *Jurnal Ziraah*, 40(3), pp. 232–240.
- Junaidi, F. and Winarno, dani widiantoro adi (2024) 'Pengembangan Teknologi Fermentasi Pakan Berbasis Hijauan Untuk Peningkatan Kualitas Nutrisi Pada Ternak Kambing', (September). Available at: <https://doi.org/10.33830/saintek.v1i1.10047.2024>.
- Kantja, I.N., Nopriani, U. and Pangli Marien (2022) 'Uji Kandungan Nutrisi Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L) sebagai pakan ternak', *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani*, 1(2014), p. 1.
- Karyono, T., Herlina, B., Adlan, zulhapi utama and Trianah, Y. (2022) 'Komposisi Fermentasi Silase Jerami Padi Dan Legume Indigofera (*Indigofera Zollingeriana*) Terhadap Kualitas Fisik Dan Nutrisi Pakan Ternak Ruminansia', *Jurnal Peternakan Silampari*, 1(1), pp. 1–8.
- Koni, theresia nur indah, Foenay, tri anggarini yuniwati and Jehemat, A. (2022) 'Kandungan Nutrien Dedak Padi Pada Lama Fermentasi Berbeda', *Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5*, pp. 26–31.
- Kusumawati, E., Syabila, M.R., Febrianti, P. and Hidayatulloh, I. (2023) 'Uji Kinerja Biokoagulan Kitin dan Kitosan dalam Jamur Merang pada Air Limbah Laundry', *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 14(1), pp. 321–327. Available at: <https://doi.org/10.35313/irwns.v14i1.5406>.
- Lestari, R.D. et al. (2021) 'The Effect of Additional Feed Fermentation of *Moringa Oleifera* Leaves on The Cholesterol Level of Mojosari Laying Ducks', *Jurnal Medik Veteriner*, 4(2), pp. 221–225. Available at: <https://doi.org/10.20473/jmv.vol4.iss2.2021.221-225>.

- Lubis, S., M. Alif Alfaruqi, Aan Kriswana Fasha and Manurung, N.I. (2021) 'Pemanfaatan Daun Kelor Sebagai Campuran Olahan Makanan Dan Mengantisipasi Virus Covid-19', *Jurnal Agribisains*, 7(1), pp. 21–28. Available at: <https://doi.org/10.30997/jagi.v7i1.4466>.
- Marhaeni, L.S. (2021) 'Daun Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Sumber Pangan Fungsional Dan Antioksidan', *Jurnal Agrisia*, Vol.13(2), pp. 40–53. Available at: [file:///C:/Users/Asus/Downloads/admin,\(Page+40-53\)+Daun+Kelor+\(Moringa+oleifera\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/admin,(Page+40-53)+Daun+Kelor+(Moringa+oleifera).pdf).
- Marup, Y., Syahrudin, Sayuti, M. and Sahara, la ode (2024) 'Kandungan Ndf Dan Adf Silase Ransum Komplit Dengan Taraf Jerami Sorgum (Sorghum Bicolor (L) Moench) Yang Berbeda', *Jambura Journal of Tropical Livestock Science*, 2(3025), pp. 69–75.
- Matondang, S.N. and Asmaq, N. (2024) 'Pemanfaatan daun kelor (Moringa Leifra) dalam fortifikasi pembuatan nugget', *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 09(30), pp. 123–129. Available at: <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v7i1.433>.
- Mauludyani, A.R.V. et al. (2020) 'Pelatihan Pembuatan Pakan Fermentasi di Desa Muaradua Kabupaten Sukabumi', *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(November), pp. 11–19.
- Mulyono, ali mursyid wahyu et al. (2025) 'The Potential of Trichoderma AA1 and AA2 as Local Indonesian Cellulolytic Inoculum in the Fermentation of Gliricidia sepium Leaf Meal A.', *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 13(1), pp. 29–36.
- Natsir, H., Patong, abd. rauf and Suhartono, maggy t (2012) 'Produksi Dan Aplikasi Kitinase Dari B. Licheniformis Hsa3-1a Dalam Menghidrolisis Kitin Dari Limbah Udang Dan Dinding Sel Jamur Ganoderma Sp.', (December 2014).
- Nenggo, claduia novalia, Filma, D., Kandar, valentino pedro and Dalle, nautus stivano (2024) 'Kajian Pustaka: Teknologi Fermentasi Tepung Maggot Sebagai Pengganti Sumber Protein Untuk Ransum Ternak Babi', *Jurnal Peternakan Ad-libitum (JPA)*, 02(01), pp. 9–18.
- Nisa, Z.K., Ayuningsih, B. and Susilawati, I. (2020) 'Pengaruh Penggunaan Dedak Fermentasi Terhadap Kadar Lignin Dan Selulosa Silase Rumpun Gajah (Pennisetum Purpureum)', *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 2(3), pp. 145–155. Available at: <https://doi.org/10.24198/jnttip.v2i3.30289>.
- Novite, S., Oematan, G. and Mullik, M. (2024) 'Pengaruh Lama Fermentasi Dedak Gandum Terhadap Kandungan Serat Kasar, NDF dan ADF', *animal agricultura*, 2(2), pp. 637–648.
- Nugroho, rendy wahyu, Mulyono, ali mursyid wahyu and Sariri, ahimsa kandi (2024) 'Pengaruh Variasi Dosis Ma-11 Dalam Fermentasi Onggok Terhadap Kualitas Fisik Dan Bobot Kering', *Tropical Animal Science*, 6(November), pp. 73–78. Available at: <https://doi.org/10.36596/tas.v6i2.1646>.
- Nurhayati, Berliana and Nelwida (2020) 'Kandungan nutrisi ampas tahu yang difermentasi dengan Trichoderma viride, Saccharomyces cerevisiae dan kombinasinya.', *jurnal ilmiah*, 23, pp. 104–113.
- Nursiam, I., Ridla, M., Nahrowi, N. and Hermana, W. (2021) 'Fiber in Broiler Feed: Its Effect on Performance, Gastro-intestinal Tract, and Microbial Profile', *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 31(3), p. 119. Available at: <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v31i3.2754>.

- Ola, A.T.R. (2020) 'Identifikasi Senyawa yang Terkandung pada Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*)', *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 6(2), pp. 63–70.
- Putri, M.F.D., Kleden, M. arkus M. and Amalo, D. (2022) 'Pengaruh penggantian tepung ikan dengan tepung daun kelor dalam konsentrat terhadap metabolit darah ternak kambing yang diberi pakan silase rumput kume dan daun gamal', *Jurnal Nukleus Peternakan*, 9(1), pp. 48–56.
- Putri, P.W. (2020) 'Kandungan Neutral Detergent Fibre (NDF), Acid Detergent Fibre (ADF), Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin Onggok yang Difermentasi *Trichoderma reesei* dengan Suplementasi N, S, P', *Bulletin of Applied Animal Research*, 2(1), pp. 33–37. Available at: <https://doi.org/10.36423/baar.v2i1.227>.
- Ratih, D., Daning, A. and Karunia, A.D. (2018) 'Teknologi Fermentasi Menggunakan Kapang *Trichoderma* sp untuk Meningkatkan Kualitas Nutrisi Kulit Kopi sebagai Pakan Ternak Ruminansia Fermentation Technology Using Molds *Trichoderma* sp to Improve the Quality of Nutrition of Coffee Skin as a Ruminant Feed', 17(1).
- Rochima, E. (2014) 'Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan dan Aplikasinya untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan', *Jurnal Akuatika*, 1(1), pp. 71–82.
- Rostini, T., Jaelani, A. and Ali, M. (2022) 'Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik, Kandungan Protein Dan Serat Kasar Tongkol Jagung', *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(2), p. 257. Available at: <https://doi.org/10.31602/zmip.v47i2.7302>.
- Sarjono, P.R., Mulyani, N.S. and Setyani, W.S. (2012) 'Kadar Glukosa Dari Hidrolisis Selulosa Pada Eceng Gondok Menggunakan *Trichoderma Viride* Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Fermentasi', *Molekul*, 7(2), pp. 163–171.
- Simanihuruk, K., Sirait, J. and Ginting, S.P. (2022) 'Penggunaan Pelepah Kelapa Sawit yang Difermentasi dengan *Trichoderma viride* sebagai Pakan Basal Kambing Boerka Sedang Tumbuh', *Jurnal Agripet*, 22(2), pp. 213–222. Available at: <https://doi.org/10.17969/agripet.v22i2.22316>.
- Siswati, N.D., Wachidah, A.N. and Ariyani, A.E.P. (2021) 'Selulosa Asetat Dari Ampas Sagu', *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), pp. 90–94. Available at: https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v15i2.2547.
- Sudirman, Suhubdy, Hasan, S.D. and Dilaga, S.H. (2015) 'Kandungan Neutral Detergent Fibre (NDF) dan Acid Detergent Fibre (ADF) Bahan Pakan Lokal Ternak Sapi yang Dipelihara pada Kandang Kelompok (Neutral Detergent Fibre (NDF) and Acid Detergent Fibre (ADF) Contents of Local Forages Fed to Cattle at Co', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia*, 1(1), pp. 77–81.
- Syamsi, A.N., Soediarto, P., Meilinda, C.L. and ... (2022) 'Kadar Nutrisi Ransum Ternak Perah yang Disusun Berdasarkan Indeks Sinkronisasi Protein-Energi Menggunakan Kombinasi Bahan Pakan Lokal Potensial', *Prosiding Seminar ...* [Preprint], (February 2022). Available at: <http://www.jurnal.lppm.unsoed.ac.id/ojs/index.php/Prosiding/article/download/1683/1449>.
- Tsael, yulvi lidia, Lestari, G.A.Y. and Oematan, G. (2024) 'Pengaruh Lama Waktu Biofermentasi *Chromolaena Odorata* dengan Sumber Karbon Gula Lontar Cair terhadap Kandungan NDF, ADF Serta Mineral Ca dan P', 2(1), pp. 391–399.
- Utama, C.S., Sulistiyanto, B., Barus, O. and Haidar, M.F. (2022) 'Kualitas Kimia dan Profil Serat Bekatul Gandum dengan Kadar Air dan Lama Pemanasan Berbeda', *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(1), pp. 26–33. Available at: <https://doi.org/10.17728/jatp.11457>.

- Wahyuningtyas, P., Argo, B.D. and Nugroho, W.A. (2013) 'Studi Pembuatan Enzim Selulase Dari Mikrofungi *Trichoderma reesei* Dengan Substrat Jerami Padi Sebagai Katalis Hidrolisis Enzimatis Pada Produksi Bioetanol', *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1), pp. 21–25.
- Widiasri, N.L.P., Husni, A., Sutrisna, R. and Liman, L. (2024) 'Pengaruh Dosis Ragi Tempe Pada Pembuatan Tempe Tongkol Jagung Terhadap Kandungan Nutrisi Untuk Pakan Ternak', *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan (Journal of Research and Innovation of Animals)*, 8(1), pp. 100–106. Available at: <https://doi.org/10.23960/jrip.2024.8.1.100-106>.
- Wijayanti, E., Wahyono, F. and Surono (2012) 'Kecernaan Nutrien dan Fermentabilitas Pakan Komplit dengan Level Ampas Tebu yang Berbeda secara In Vitro', *Animal Agricultural Journal*, 1(1), pp. 167–179.
- Yanti, G., Jamarun, N. and Elihasridas (2021) 'Pengaruh Perebusan Daun Mangrove (*Avicennia marina*) dengan Air Abu Sekam terhadap Kecernaan Fraksi Serat (NDF, ADF, Selulosa, dan Hemiselulosa) Secara In-Vitro', *jurnal peternakan indoensia*, 23(2), pp. 168–173. Available at: <https://doi.org/10.25077/jpi.23.2.168-173.2021>.
- Zaddana, C., Amalia, D., Rusli, Z. and Wahyuningrum, C. (2022) 'Kandungan Serat Dan Zat Besi Biskuit Tepung Beras Merah (*Oryza Nivara*) Dan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*)', *Amerta Nutrition*, 6(1SP), pp. 71–78. Available at: <https://doi.org/10.20473/amnt.v6i1sp.2022.71-78>.