

Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Sumber Karbohidrat dalam Fermentasi Daun Indigofera (*Indigofera zollingeriana*) terhadap Peningkatan Nutrisi

Effects of Various Carbohydrate Sources on Nutritional Enhancement during Fermentation of Indigofera (Indigofera zollingeriana) Leaves

Satri Yusasra Agasi^{1*}, & Fajri Maulana¹

¹Departemen Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia.

*Corresponding author: satri@politala.ac.id

• Diterima: 18 Januari 2025 • Direvisi: 18 April 2025 • Disetujui: 23 April 2025

ABSTRAK. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai jenis sumber karbohidrat dalam fermentasi daun indigofera (*Indigofera zollingeriana*) terhadap peningkatan nutrisi. Fermentasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan nutrisi, mikroorganisme yang berpotensi digunakan yaitu *Bacillus amyloliquefaciens* karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim selulase yang berperan dalam penurunan kandungan serat kasar dan enzim protease yang dapat meningkatkan kandungan nutrisi. Metode penelitian eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), 4 perlakuan dengan 5 ulangan. Variasi perlakuan yaitu: A: 100% daun indigofera, B: 80% daun indigofera dan 20% dedak padi, C: 80% daun indigofera dan 20% ampas tahu dan D: 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong. Peubah yang dilihat pada penelitian ini adalah energi metabolisme (kkal/kg), lemak kasar (%) dan serat kasar (%). Hasil penelitian ini menunjukkan dengan berbagai jenis sumber karbohidrat meliputi dedak padi, ampas tahu dan kulit singkong dalam fermentasi daun indigofera dengan *Bacillus amyloliquefaciens* menunjukkan pengaruh berbeda nyata ($P<0,05$) terhadap kandungan nutrisi dinilai dari energi metabolisme, lemak kasar dan serat kasar. Kesimpulan penelitian ini adalah fermentasi daun indigofera dengan *Bacillus amyloliquefaciens* memerlukan sumber karbohidrat sebagai sumber karbon berupa kulit singkong atau dedak padi sehingga diperoleh penurunan serat kasar dan peningkatan nutrisi yang optimal.

Kata kunci: *Bacillus amyloliquefaciens*, fermentasi, karbohidrat, indigofera.

ABSTRACT. This study was conducted to investigate the effect of supplementing various carbohydrate sources in the fermentation of *Indigofera* (*Indigofera zollingeriana*) leaves on nutritional enhancement. Fermentation is a viable approach to improve the nutritional quality of feed ingredients. A potential microorganism for this process is *Bacillus amyloliquefaciens*, which is capable of producing cellulase enzymes that reduce crude fiber content, as well as protease enzymes that contribute to increasing the overall nutrient content. The study employed an experimental approach using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and five replications. The treatment variations were as follows: A: 100% *Indigofera* leaves; B: 80% *Indigofera* leaves and 20% rice bran; C: 80% *Indigofera* leaves and 20% tofu dregs and D: 80% *Indigofera* leaves and 20% cassava peel. The observed variables included metabolizable energy (kcal/kg), crude fat (%), and crude fiber (%). The results demonstrated that the inclusion of different carbohydrate sources, namely rice bran, tofu dregs, and cassava peel in the fermentation of *Indigofera* leaves using *Bacillus amyloliquefaciens* had a significant effect ($P<0.05$) on all measured nutritional parameters, including metabolizable energy, crude fat, and crude fiber. This study concludes that the fermentation of *Indigofera* leaves with *Bacillus amyloliquefaciens* necessitates the addition of carbohydrate sources such as cassava peel or rice bran as carbon providers, resulting in an optimal reduction in crude fiber and improvement in nutritional content.

Keywords: *Bacillus amyloliquefaciens*, fermentation, carbohydrate, *Indigofera*.

PENDAHULUAN

Sektor perunggasan memiliki peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani masyarakat, karena unggas merupakan salah satu komoditas utama dalam industri peternakan. Produk daging unggas merupakan protein hewani utama yang paling ekonomis sehingga terjangkau keseluruhan lapisan masyarakat di Indonesia.

Peternak unggas di Indonesia, umumnya terkendala dalam penyediaan bahan pakan terutama karena harga mahal dan cenderung fluktuatif. Tingginya biaya pakan yang dapat mencapai 60-70% dari keseluruhan biaya produksi menjadi kendala yang signifikan dalam beternak unggas (Mendes *et al.*, 2017). Kebutuhan akan sumber pakan alternatif yang terjangkau, mudah diperoleh secara lokal, dan memiliki nilai gizi yang memadai menjadi hal yang penting untuk dikembangkan sebagai solusi. Daun indigofera (*Indigofera zollingeriana*) adalah salah satu komponen yang memenuhi persyaratan tersebut.

Potensi daun indigofera sebagai pakan dapat dilihat dari kandungan protein yang tinggi. Kandungan protein daun indigofera dapat mencapai 25-30% dari bahan kering sehingga dapat dijadikan sebagai pilihan pakan yang memungkinkan (Kakengi *et al.*, 2020). Indigofera adalah tanaman yang hemat biaya untuk ditanam karena tingkat adaptasi yang tinggi terhadap kondisi tanah dan iklim yang berbeda di daerah tropis (Nurhidayat *et al.*, 2018).

Kandungan protein kasar indigofera berkisar 25,36%-26,32%, serat kasarnya 11,9%-18,99% (Yafur & Sawen, 2023). Penambahan daun indigofera dalam jumlah besar ke dalam pakan ayam dapat menghambat penyerapan nutrisi akibat tingginya kandungan serat kasar. Upaya untuk meningkatkan proporsi penggunaan daun indigofera dalam ransum dapat dilakukan melalui penerapan bioteknologi fermentasi, yang berfungsi

menurunkan kadar serat kasar serta meningkatkan nilai nutrisi pakan.

Proses fermentasi dapat meningkatkan komposisi asam amino dan mikroba pakan, meningkatkan daya cerna protein, dan mengurai bahan kimia anti-nutrisi (Jafari *et al.*, 2019). Salah satu bakteri probiotik yang sering digunakan dalam fermentasi adalah *Bacillus amyloliquefaciens*, yang mampu menghasilkan enzim selulase, amilase, dan protease. Enzim-enzim ini membantu memecah serat kasar pada dinding tanaman Indigofera yang tersusun kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna oleh unggas (Zhao *et al.*, 2021). *Bacillus amyloliquefaciens* memiliki kemampuan untuk menciptakan bahan kimia antimikroba yang meningkatkan kualitas pakan dan menghentikan pertumbuhan bakteri atau mikroba berbahaya.

Proses fermentasi dapat dioptimalkan dengan mengendalikan suhu, pH, durasi inkubasi, dan rasio inokulum secara tepat. Hal ini sangat penting untuk menentukan keberhasilan fermentasi daun Indigofera dengan *Bacillus amyloliquefaciens* (Nurhidayat *et al.*, 2018). Proses fermentasi yang salah dapat menyebabkan kerusakan nutrisi yang serius atau bahkan menyebabkan kegagalan fermentasi (Wang *et al.*, 2020).

Jumlah karbon dan nitrogen dalam substrat adalah salah satu kunci yang memengaruhi keberhasilan proses fermentasi. Sumber karbon (C) atau nitrogen (N) substrat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas metabolisme bakteri (Maulana dkk., 2021). Pada proses fermentasi menggunakan indigofera penting menambahkan karbohidrat sebagai sumber karbon (C) untuk meningkatkan perkembangan *Bacillus amyloliquefaciens*. Hal ini akan memastikan proses fermentasi yang ideal dan produk fermentasi berkualitas tinggi. Kulit singkong, ampas tahu, dan dedak padi merupakan beberapa contoh karbohidrat yang dapat ditambahkan dalam proses fermentasi

sumber karbon (C) sehingga pertumbuhan mikroorganisme menjadi optimal.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Daun indigofera, dedak padi, ampas tahu, kulit singkong, aquades, *Bacillus amyloliquefaciens* dari toko online, lima kilogram plastik tahan panas untuk sterilisasi substrat fermentasi, dan bahan-bahan lainnya digunakan dalam penelitian ini. Untuk analisis proksimat yang menyeluruh, lebih banyak menggunakan bahan kimia. Kandang metabolik digunakan untuk pemeliharaan ayam, timbangan analitik, oven, *autoklaf*, blender. Alat analisis proksimat digunakan untuk mengukur kandungan nutrisi.

Metode Penelitian

Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 perlakuan dengan 5 ulangan.

Perlakuan dalam penelitian ini dapat dilihat seperti dibawah ini:

A. 100% daun indigofera; B. 80% daun indigofera dan 20% dedak padi; C. 80% daun indigofera dan 20% ampas tahu; D. 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong. Proses fermentasi dengan menambahkan *Bacillus amyloliquefaciens* untuk dapat meningkatkan kualitas nutrisi substrat fermentasi.

Model matematika dari rancangan yang digunakan dalam penelitian ini menurut Steel and Torrie (1995) adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = hasil pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j; μ = nilai tengah umum; τ_i = pengaruh perlakuan ke-i; ϵ_{ij} = pengaruh sisa dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j; i = banyak perlakuan (1,2,3,4 dan 5); j = banyak ulangan (1,2,3 dan 4).

Analisis Statistik

Semua data dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA), perbedaan antara perlakuan dengan tes jarak berganda Duncan.

Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Energi Metabolisme (kkal/kg); B. lemak kasar (%); C. serat kasar (%)

Proses Fermentasi Penelitian

1. Persiapan substrat penelitian

Langkah pertama dipersiapkan bahan substrat sesuai perlakuan berikut: A: 100% daun indigofera; B: 80% daun indigofera dan 20% dedak; C: 80% daun indigofera dan 20% ampas tahu dan D: 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong.

2. Pencampuran dan homogenisasi

Semua bahan yang telah disiapkan sesuai perlakuan dicampurkan hingga homogen.

3. Silo plastik dan sterilisasi

Substrat fermentasi yang sudah homogen dikemas dalam silo dan diikat dengan karet kemudian dimasukan ke dalam *autoclave*, sterilisasi suhu 121°C tekanan 15 lbs selama 15 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 1 jam sampai suhu substrat normal (tidak panas).

4. Inokulasi dan inkubasi

Inokulasikan 1 tabung reaksi (ukuran 10 ml) dengan *Bacillus amyloliquefaciens* dan inkubasi selama 4 hari pada suhu kamar dalam suasana *aerob*.

5. Analisis Nutrisi

Analisis nutrisi secara laboratorium hasil fermentasi meliputi energi metabolisme (kkal/kg), lemak kasar (%) dan serat kasar (%).

Waktu dan Tempat Penelitian

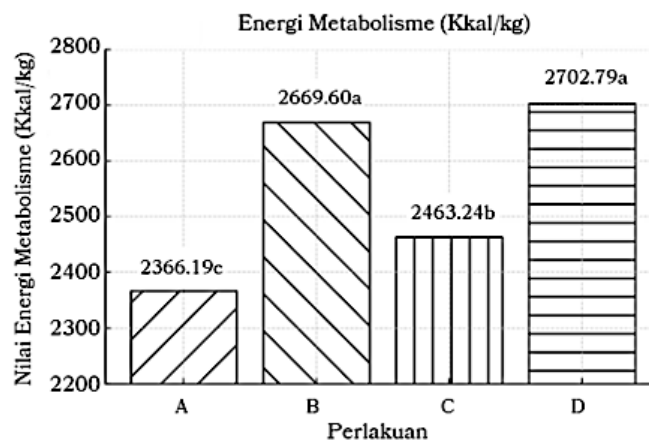
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April tahun 2024 di laboratorium dan kandang percobaan (untuk parameter energi metabolisme) Program Studi Teknologi Pakan Ternak Politeknik Negeri Tanah Laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi Metabolisme

Energi metabolisme daun Indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* dapat dilihat pada Gambar 1. Energi metabolisme daun Indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* berkisar 2.366,19-2.702,79 kkal/kg. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan D tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan B, namun nyata ($P<0,05$) lebih tinggi dari perlakuan A dan C.

Tingginya kandungan energi metabolis pada perlakuan D (80% indigofera dan 20% kulit singkong) dan B (80% indigofera dan 20% dedak padi) disebabkan karena biomassa *Bacillus amyloliquefaciens* dalam substrat fermentasi lebih banyak yaitu $4,1 \times 10^9$ U/mL (perlakuan D) dan $3,3 \times 10^9$ U/mL (perlakuan B). Perkembangan dan pertumbuhan biomassa *Bacillus amyloliquefaciens* dipengaruhi penambahan sumber karbon yang berasal dari kulit singkong dan dedak padi. Kandungan karbon kulit singkong 30-40%, dedak padi yaitu 35-45% dan ampas tahu 20-30%. Menurut Febrina dkk. (2024), pada proses fermentasi penambahan dedak padi sebagai sumber nutrisi (karbon) didapatkan kandungan nutrisi setelah fermentasi adalah energi metabolisme 3.484,23 kkal/kg; protein kasar 21,41%; lemak kasar 7,69% dan serat kasar 5,90%.



Gambar 1. Energi metabolisme daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens*. (A = 100% daun indigofera; B = 80% daun indigofera dan 20% dedak padi; C = 80% daun indigofera dan 20% ampas tahu; D = 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong); ^{a-b} superskrip yang berbeda memberikan pengaruh berbeda nyata ($P<0,05$)

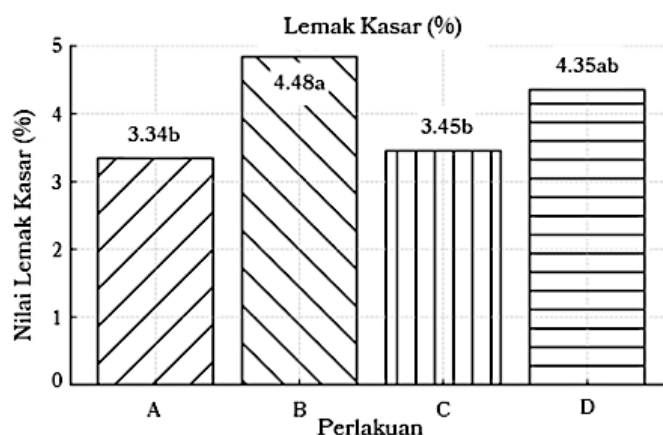
Biomassa *Bacillus amyloliquefaciens* yang banyak meningkatkan produksi enzim amilase, protease, dan selulase, yang dapat menguraikan senyawa kompleks pada bahan pakan menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga mudah dicerna oleh ternak. Enzim amilase dapat meningkatkan jumlah energi yang tersedia akibat pemecahan pati menjadi gula sederhana serta enzim selulase yang mengubah selulosa menjadi selobiosa dan produk akhir berupa

glukosa sehingga kandungan energi pakan meningkat. Menurut Ramadhan dkk. (2021), fermentasi pakan dengan *Bacillus amyloliquefaciens* harus memperhatikan media tumbuh baik ketersediaan nutrisi sebagai makanan dari mikroba itu sendiri, dimana biomassa yang tinggi dalam substrat fermentasi akan memaksimalkan produksi enzim yang dapat memecah komponen pakan kompleks menjadi sederhana. Maulana dkk. (2024),

mikroba selama fermentasi menghasilkan enzim yang dapat memecahkan kandungan kompleks dari pakan sehingga meningkatkan kualitas dan pencernaan nutrisi.

Lemak Kasar

Lemak kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* berkisar 3,34-4,84%. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan D tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan B, namun nyata ($P<0,05$) lebih tinggi dari perlakuan A dan C. Lemak kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* dapat dilihat pada Gambar 2.



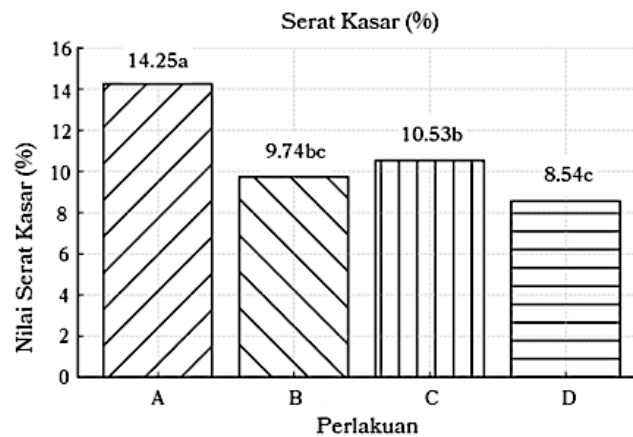
Gambar 2. Lemak kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens*. (A = 100% daun indigofera; B = 80% daun indigofera dan 20% dedak padi; C = 80% daun indigofera dan 20% ampas tahu; D = 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong); ^{a-b} superskrip yang berbeda memberikan pengaruh berbeda nyata ($P<0,05$).

Penambahan dedak padi dan kulit singkong meningkatkan kadar lemak kasar pada substrat fermentasi, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan kadar lemak pada perlakuan B dan D. Menurut Hutabarat (2022), dedak padi yang biasa digunakan peternak sebagai pakan mengandung lemak kasar 10,84% serta kulit singkong mengandung lemak kasar 11,35% (Kemala dkk., 2019).

Tingginya kandungan lemak kasar pada perlakuan B (80% indigofera dan 20% dedak padi) dan D (80% indigofera dan 20% kulit singkong) karena massa sel mikroba yang berkembang biak pada media selama fermentasi merupakan sumber dari penyumbang kandungan lemak pakan. Hidayat dkk. (2024), massa sel mikroba yang berkembang biak dan tumbuh subur pada media fermentasi mengandung lemak yang dapat meningkatkan kadar lemak bahan media fermentasi. Menurut Tagumara dkk. (2020), aktivitas bakteri selama proses fermentasi menghasilkan asam lemak yang cukup sehingga kadar lemak substrat meningkat setelah proses fermentasi selesai.

Serat Kasar

Serat kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* dapat dilihat pada Gambar 3. Serat kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens* berkisar 8,54-14,25%. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan B tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan perlakuan D, namun nyata ($P<0,05$) lebih rendah dari perlakuan A dan C.



Gambar 3. Serat kasar daun indigofera fermentasi dengan *Bacillus amyloliquefaciens*. (A = 100% daun Indigofera; B = 80% daun indigofera dan 20% dedak padi; C = 80% daun indigofera dan 20% ampas aahu; D = 80% daun indigofera dan 20% kulit singkong); ^{a-b} superskrip yang berbeda memberikan pengaruh berbeda nyata ($P < 0,05$).

Rendahnya kandungan serat kasar pada perlakuan D (80% indigofera dan 20% kulit singkong) yaitu 10,53 % dan perlakuan A (100% indigofera) yaitu 14,25%, karena pertumbuhan bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* selama proses fermentasi optimal, akibat penambahan sumber karbon yaitu kulit singkong dan dedak padi ke dalam substrat fermentasi (*Indigofera zollingeriana*). Pertumbuhan yang baik dari *Bacillus amyloliquefaciens* selama proses fermentasi, akibat imbangannya C:N sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan optimal. Pertumbuhan bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* yang optimal, mengakibatkan kemampuannya menghasilkan enzim selulase lebih tinggi (pemecah serat kasar) sehingga degradasi serat kasar substrat juga tinggi sehingga terjadi penurunan serat kasar yang tinggi. Imbangannya C:N pada perlakuan A adalah 5,49:1 dan perlakuan D adalah 7,58:1. Populasi mikroba yang bertambah akan meningkatkan jumlah enzim selulase yang diproduksi untuk memecah serat kasar (Maulana dkk., 2021).

Pertumbuhan bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* selama proses fermentasi tergantung pada ketersediaan nutrisi yaitu C (karbon) dan N (nitrogen) di dalam substrat fermentasi. Untuk mendapatkan imbangannya C/N diperlukan penambahan seperti kulit singkong, dedak padi dan ampas tahu sebagai sumber

karbon, sehingga nutrisi mikroba selama proses fermentasi terpenuhi. Imbangannya C/N perlakuan A adalah 5,49:1; perlakuan B adalah 5,64:1; perlakuan C adalah 7,86:1; Perlakuan D adalah 7,58:1. Menurut Safitri dkk. (2016), imbangannya C:N yang bagus untuk bakteri asam laktat adalah 7-10:1. Bakteri selulolitik membutuhkan nutrisi yang tersedia dan sesuai sehingga tidak terjadi kompetisi antar mikroba dan mikroba dapat tumbuh secara optimal (Hernawati et al., 2010). Menurut Maulana dkk. (2021) komposisi substrat terutama imbangannya C:N penting untuk pertumbuhan karena rasio unsur karbon dan nitrogen akan menjadi faktor pembatas dalam metabolisme mikroba jika tidak seimbang. Menurut Wang *et al.* (2020) substrat yang mengandung karbon, nitrogen, dan berbagai unsur mineral (K, Mg), diperlukan untuk mendorong pertumbuhan mikroba dan produksi enzim.

Kandungan serat kasar yang tinggi pada perlakuan A (100% daun indigofera), yaitu 14,25%, disebabkan oleh ketidakseimbangan ketersediaan unsur karbon (C) dan nitrogen (N) dalam substrat fermentasi. Nitrogen tersedia secara alami dari daun indigofera sebagai media fermentasi, sedangkan kebutuhan karbon tidak terpenuhi karena tidak adanya penambahan sumber karbon eksternal. Kandungan protein kasar indigofera yaitu 27,89% (Akbarillah dkk.,

2010). Ketersediaan C:N dalam substrat fermentasi memengaruhi aktivitas *Bacillus amyloliquefaciens*, sehingga akan memengaruhi jumlah enzim selulase yang akan dihasilkan. Menurut Maulana dkk. (2021), komposisi substrat terutama imbalan C:N penting untuk pertumbuhan karena rasio unsur karbon dan nitrogen akan menjadi faktor pembatas dalam metabolisme mikroba jika tidak seimbang.

Rasio C:N yang rendah (kandungan unsur N yang tinggi) akan meningkatkan emisi nitrogen sebagai amonium yang dapat menghalangi perkembangbiakan bakteri. Rasio C:N yang tinggi (kandungan unsur N yang rendah) akan menyebabkan proses degradasi berlangsung lebih lambat karena nitrogen menjadi faktor penghambat (Alexander, 1994).

Pertumbuhan *Bacillus amyloliquefaciens* yang tidak optimal selama proses fermentasi menyebabkan rendahnya produksi enzim selulase, sehingga perombakan serat kasar menjadi senyawa sederhana berlangsung secara terbatas. *Bacillus amyloliquefaciens* menghasilkan beberapa enzim seperti *alfa acetolactate decarboxylase*, *beta glucanase*, *hemicellulase*, *maltogenic amylase*, *urease*, *protease*, *xylanase*, dan *chitinase* (Zurmiati et al., 2024).

SIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan fermentasi daun *Indigofera* dengan *Bacillus amyloliquefaciens* memerlukan karbohidrat sebagai sumber karbon berupa kulit singkong atau dedak padi sehingga diperoleh penurunan serat kasar dan peningkatan nutrisi yang optimal.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang berhubungan dengan keuangan, pribadi, atau lainnya dengan orang atau organisasi lain yang terkait dengan materi yang dibahas dalam naskah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada Direktur Politeknik Negeri Tanah Laut, Ketua Jurusan Teknologi Industri Pertanian dan Ketua Program Studi Teknologi Pakan Ternak yang telah memberikan saran dan selama penelitian serta penulisan artikel ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbarillah, T., Kususiya, & Hidayat. 2010. Pengaruh penggunaan daun indigofera segar sebagai suplemen pakan terhadap produksi dan warna *yolk* itik. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*. 5(1):27-33.
- Alexander, M. 1994. *Biodegradation and Bioremediation*. United States of America: Academic Press, Inc.
- Febrina. B. P., F. Maulana., F. Fajri., D. Sandri., E. C. Andini, & K. P. Cahayati. 2024. Peningkatan kualitas nutrisi sisa makanan hotel dan restoran di Banjarmasin sebagai pakan lokal ternak unggas. *Agribios*. 22(02):287-297. <https://doi.org/10.36841/agribios.v22i2.5450>
- Hernawati, T., L. Mirni., A. H. Herry, & H. W. Sunaryo. 2010. Bakteri selulolitik untuk meningkatkan kualitas pakan komplit berbasis limbah pertanian. *Veterinaria Medika*. 3(3):205-208.
- Hidayat, R., A. Khusairi., M. Zakhiya., F. Maulana, F. Fajri., B. P. Febrina., D. Sandri, & M. K. Susalam. 2024. Peningkatan nutrisi sisa makanan dan limbah organik dapur pesantren di Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 26(3):128-137.
- Hutabarat, A. L. R., F. Fajri., F. Maulana., W. M. Lestari., D. Sandri., B. P. Febrina., A. M. Ali., N. Jannah., A. A. B. Persada., M. Zein, & S. Chalid. 2022. Potensi ransum berbasis bahan baku lokal sebagai pengganti ransum komersil terhadap kandungan kadar air dan kadar abu. *Jurnal Peternakan Borneo*. 1(1):11-15. <https://doi.org/10.34128/jpb.v1i1.5>
- Jafari, S., S. Rahimi, & R. Pirmohammadi. 2019. Effects of fermentation on nutritional quality and anti-nutritional factors of some feed ingredients. *Anim. Nut. Feed Technol*. 19(1):55-66.

<http://doi:10.5958/0974-181X.2019.00006.9>

- Kakengi, A. M. V., M. N. Shem, & E. J. Mtengeti. 2020. Nutritional evaluation of forage legumes for poultry. *Tropic. Anim. Health Product.* 52(2):365-372. DOI:10.1007/s11250-019-02032-1
- Kemala, G., R. U. Dewi., I. Hernaman., A. R. Tarmidi, & B. Ayuningsih. 2019. Kecernaan ransum yang mengandung kulit singkong (*Manihot utilissima Pohl*) kering pada domba. *Jurnal Ilmu Ternak.* 19(2):140-144. <http://doi:10.24198/jit.v19i2.25846>
- Maulana, F., Nuraini, & Mirzah. 2021. Kandungan dan kualitas nutrisi limbah sawit fermentasi dengan *Lentinus edodes*. *Jurnal Peternakan Indonesia.* 23(2): 174-182.
- Maulana, F., F. Fajri., B. P. Febrina., D. Sandri, & R. Hidayat. 2024. Peningkatan kualitas nutrisi dedak padi dengan fermentasi menggunakan inokulum cairan rumen sapi bali jantan dengan lama fermentasi berbeda. *Jurnal Peternakan.* 21(2):308-317. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v21i2:30721>
- Mendes, A. S., D. P. Paiva, & J. Moreira. 2017. Economic impact of feed costs in broiler production: A review. *Poultry Sci.* 96(4):1015-1020. <http://doi:10.3382/ps/pew319>
- Nurhidayat, N., A. A. I. Ratnadewi, & A. M. Rukmi. 2018. Utilization of *Bacillus* species in fermentation of forage for livestock. *Indonesian J. Agricul. Sci.* 19(1):45-53. <http://doi:10.21082/ijas.v19n1.2018.p45-53>
- Ramadhan, Y., Wizna., Y. Marlida., Mirzah, & H. Supratman. 2021. Kandungan dan kualitas nutrisi campuran darah sapi dan limbah pertanian yang difermentasikan oleh *Bacillus amyloliquefaciens* sebagai pakan broiler. *Jurnal Peternakan.* 18(1):77-86. <http://dx.doi.org/10.24014/jupet.v18i1:12060>
- Safitri, N., T. C. Sunarti, & A. Meryandini. 2016. Formula media pertumbuhan bakteri asam laktat *Pediococcus pentosaceus* menggunakan substrat whey tahu. *Jurnal Sumberdaya Hayati.* 2(2):31-38.
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie. 1995. Prinsip dan prosedur statistik suatu pendekatan biometrik cetakan ke-4. (Diterjemahkan oleh Sumantri, B). PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Tagumara, C. U. J., M. A. Hilakore, & D. Amalo. 2020. Pengaruh lama fermentasi dengan cairan rumen kambing terhadap perubahan kualitas putak. *Jurnal Peternakan Lahan Kering* 2(3):1022 - 1028.
- Wang, X., Y. Zhang, & J. Zhao. 2020. Fermentation optimization of agricultural residues for feed using *Bacillus* species. *Asian-Australasian J. Anim Sci.* 33(5):765-774. <http://doi:10.5713/ajas.19.0456>
- Yafur, F. N., & D. Sawen. 2023. Komposisi kimia dan potensi pengembangan *Indigofera zollingeriana* sebagai sumber hijauan pakan di Provinsi Papua Barat. *Igya Ser Hanjop: Jurnal Pembangunan Berkelanjutan.* 5(1):49-55. <https://doi.org/10.47039/ish.5.2022.49-55>
- Zhao, L., Q. Meng., Y. Zhang, & X. Wang. 2021. *Bacillus amyloliquefaciens*: A potential probiotic for livestock feed. *Frontiers in Microbiology.* 12:685-695. <http://doi:10.3389/fmicb.2021.685695>
- Zurmiati, A., A. Trisna., R. K. Rusli., Y. L. Dewi., U. F. Handayani, & Wizna. 2024. Performance enhancement in male Bayang ducks after oral administration of the probiotic *Bacillus subtilis* FNCC 0059. *J. Anim. Health Product.* 12(1):11-16. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2024/12.1.11.16>