

A Study on The Capabilities of Cellulolytic Bacteria in Degrading Feed Fiber

Rosdiana U., Syamsuhaidi, Kisworo, D. *, Sulaiman, ND., Wiryawan, KG., Bulkaini

Faculty of Animal Science, University of Mataram, Indonesia

Article History

Received : June 21th, 2024

Revised : July 20th, 2024

Accepted : August 16th, 2024

*Corresponding Author :

Kisworo, D.,

Faculty of Animal Science,

University of Mataram,

Indonesia

Email :

djokokisworo@unram.ac.id

Abstract: The utilization of local feedstuffs is a cost-effective strategy to reduce production expenses in animal husbandry. Enhancing the nutritional quality of these feedstuffs through fermentation presents a viable approach. This study investigates the efficacy of cellulolytic bacteria in degrading fiber in three local feed materials: duckweed (*Lemna minor*), water hyacinth (*Eichornia crassipes*), and lamtoro (*Leucaena leucocephala*). We employed a completely randomized block design with feed types as the block and levels of starter culture as treatment. *Pediococcus pentosaceus*, identified for its cellulase enzyme production with a clear zone of 4 cm on starch media, was utilized as the starter culture. The experimental procedure involved spraying *Pediococcus pentosaceus* onto duckweed, water hyacinth, and lamtoro, followed by incubation. The results indicated that *Pediococcus pentosaceus* effectively produced cellulolytic enzymes and significantly reduced crude fiber in duckweed by 18.18%, in water hyacinth by 9.17%, and in lamtoro by 4.23% ($p < 0.05$). Additionally, the crude protein content increased in all samples: by 4.69% in duckweed, 2.71% in water hyacinth, and 2.13% in lamtoro ($p < 0.05$). Among the treatments, the optimal outcome was achieved with 3 ml of *Pediococcus pentosaceus*. This study demonstrates the potential of *Pediococcus pentosaceus* for improving the nutritional profile of local feedstuffs through fermentation.

Keywords: feedstuff, fermentation, *Pediococcus pentosaceus*.

Pendahuluan

Pemanfaatan bahan baku lokal untuk pakan unggas merupakan solusi dalam menekan biaya produksi. Salah satu contoh bahan baku limbah pertanian yang paling sering digunakan adalah dedak padi, duckweed, eceng gondok, dan lamtoro (Karlina *et al.*, 2022). Selain memiliki harga yang murah dan juga ketersediannya yang cukup banyak, pakan ini memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Akan tetapi permasalahan pada pakan local ialah tingginya kadar serat. Peningkatan kualitas nutrisi pakan lokal dapat dilakukan fermentasi menggunakan bakteri tertentu seperti golongan bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik yaitu jenis bakteri yang dapat mendegradasi selulosa, yaitu komponen utama dinding sel tanaman yang sulit dicerna oleh banyak organisme. Selulosa adalah polisakarida yang terdapat dalam dinding sel tanaman dan merupakan sumber utama serat dalam pakan ternak. Bakteri tersebut mampu menghasilkan beberapa enzim diantaranya selulase, yang menghidrolisis selulosa menjadi gula-gula sederhana yang dapat digunakan oleh organisme lain sebagai sumber energi, Arifin *et al.*, 2019. Bakteri selulolitik tersebut mampu menghidrolisis selulosa karena menghasilkan

enzim untuk menghidrolisis ikatan glukosidik β -1,4 pada substrat Carboxymethyl Cellulose (CMC) (Kusumaningrum *et al.*, 2019; Murtiyaningsih and Hazmi, 2017; Sepianto, 2017).

Pengolahan bahan pakan untuk meningkatkan kandungan nutrisi dapat dilakukan melalui proses biologis/fermentasi dengan adanya keterlibatan mikroorganisme (Susilawati, 2022). Kandungan pakan yang mengalami perubahan setelah difermentasi ialah serat kasar, protein, lemak, karbohidrat, dan kandungan pakan lainnya. Metode fermentasi merupakan satu alternatif yang dapat dilakukan peternak untuk meningkatkan pertumbuhan hewan ternak (Suningsih *et al.* 2019). Pengurangan kadar serat terjadi apabila kadar selulosa yang tinggi pada bahan pakan dapat dihidrolisa dengan menggunakan enzim selulase, cara kerja dari enzim ini melarutkan ikatan β -1,4-glikosidik terhadap molekul selulosa menjadi glukosa (Ariandi (2016). Bakteri maupun kapang dapat menghasilkan enzim selulase. Jenis kapang yang digunakan dalam proses fermentasi pakan ternak antara lain dari jenis *Penicillium*, *Trichoderma* dan *Aspergillus* (Lynd *et al.*, 2002). Bakteri penghasil enzim selulase biasanya dari strain *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Aerococcus*,

Bifidobacterium, *Bacillus spp*, *Lactococcus*, *Carnobacterium*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Oenococcus*, *Enterococcus*, *Vagococcus*, *Tetragenococcus*, *Weisella* dan *Saccharomyces cereviceae* (Salminen et al., 2004; Lestari dan Helmyati, 2021).

Pemanfaatan bakteri selulolitik sebagai kandidat probiotik untuk fermentasi pakan pada saat ini berkembang pesat karena mampu meningkatkan kadar nutrisi dan daya cerna pakan. Kumpulan mikroba tersebut dinamakan probiotik di mana mikroba ini mampu mengatur keseimbangan mikrobiota saluran pencernaan ternak unggas (Awad et al., 2010). Penelitian terkait uji kemampuan bakteri selulolitik dalam mendegradasi kadar serat pada pakan duckweed, eceng gondok dan lamtoro cukup penting dilakukan untuk mendapatkan bakteri selulolitik kandidat probiotik ternak unggas yang memiliki kemampuan menghasilkan enzim selulase pendegradasi serat pada pakan ternak unggas. Herdian et al. (2018), telah melakukan suplementasi bakteri asam laktat pada ternak unggas telah mampu meningkatkan daya cerna selulosa pada pakan. Oleh karena itu, pemanfaatan probiotik pada ternak unggas sangat baik untuk dimanfaatkan dengan syarat mikroorganisme yang digunakan tidak toksik dan tidak patogen dengan pemberian yang cukup pada inangnya. Susanti, et.al., (2021), menyatakan bahwa enzim dari bakteri selulolitik menunjukkan aktivitas maksimum pada dedak padi, dengan jumlah mikroba total sebesar 202×10^9 CFU/g. Sedangkan pada sub-ekstrak dedak padi diperoleh jumlah bakteri selulolitik lebih tinggi pada suhu penyimpanan 4°C ($178,92 \times 10^9$ CFU/g) dari pada penyimpanan pada suhu 27°C ($101,69 \times 10^9$ CFU/g).

Permasalahan yang sering dialami oleh peternak ialah rendahnya Tingkat penggunaan bahan pakan berserat tinggi ternak monogastrik, padahal ketersediaan bahan pakan tersebut cukup banyak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri selulolitik strain *Pediococcus pentosaceus* yang diisolasi dari saluran pencernaan unggas dalam mendegradasi serat pakan sehingga lebih mudah dicerna oleh unggas, dan meningkatkan kadar protein kasar bahan pakan tersebut.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi dan Hasil Ternak,

untuk propagasi dan penyiapan *starter culture* (*Pediococcus pentosaceus*), dan Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Unram, untuk analisis kadar serat kasar dan protein kasar. Penelitian berlangsung dalam rentang bulan September – November 2023.

Bahan penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat diantaranya Petri dish, tabung reaksi, beaker glass, Erlenmeyer, gelas ukur, pH meter, timbangan analitik, mikro pipet, pipet volum, mikro tip $2 \mu\text{L}$, mikro tip $10 \mu\text{L}$, mikro tip $20 \mu\text{L}$, mikro tip $200 \mu\text{L}$, mikro rip 1 ml, hot plate stirrer, vortex, autoclave, oven, kaca objek, cover glass, lampu bunsen, jarum ose, spreader, laminar air flow, inkubator, anaerobic jar, mikroskop, cawan porselin, desikator, tang penjepit, oven, freezer -80°C dan freezer -20°C . Adapun alat-alat yang digunakan untuk fermentasi seperti: botol semprot, aluminium foil, baskom, cawan buat penimbangan sample, timbangan digital, oven, dan plastick. Sedangkan materi yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat bakteri yang diperoleh sebelumnya oleh (Aidil, 2023) yaitu *Pediococcus pentosaceus*. Uji selulase, (red congo 0,1%, aquades, NaCl). media PCA, media LB cair dan padat, media MRS, cat Gram (karbon gentian violet, lugol, etanol 96 %, air fuchsin, immersion oil, media uji immersion oil), kertas cakram, 1x buffer PBS, gliserol, NaOH 1, HCl 2 N, duckweed, eceng gondok, dan lamtoro.

Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan aktivasi kultur bakteri selulolitik *Pediococcus pentosaceus* yang sebelumnya telah diisolasi dan dimurnikan. Bakteri yang aktif kemudian dilakukan uji dalam memproduksi enzim selulase. Selanjutnya, bakteri *Pediococcus pentosaceus* dijadikan starter untuk memfermentasi pakan lokal yaitu duckweed, eceng gondok, dan lamtoro. Percobaan dilakukan berdasarkan rancangan acak kelompok dengan tiga kelompok yaitu duckweed, daun eceng gondok, dan daun lamtoro, dengan tiga perlakuan yaitu tingkat penggunaan starter *Pediococcus pentosaceus* yaitu 1 ml, 2 ml dan 3ml per 10 g bahan yang masing masing dengan tiga ulangan. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan penelitian.

Persiapan Media

Media Luria Bertani (LB) Padat dan Cair

Media (LB cair terdiri dari 10 g sodium klorida, 10 g bubuk trypton dan 5 g ekstrak khamir yang dilarutkan menggunakan 1000 ml air distilasi. pH media disesuaikan dengan NaOH 1 M sehingga mencapai pH 7.0. Media LB sebanyak 5 ml didalam tabung reaksi disterilisasi dengan autoclave pada suhu 121 °C selama limabelas menit. Media LB cair disimpan pada kulkas 4 °C untuk pemakaian berikutnya.

Media Luria Bertani (LB) padat terdiri dari 10 g sodium klorida, 10 g bubuk trypton, 5 g ekstrak khamir dan 15 g agar yang dilarutkan menggunakan 1000 ml air distilasi. pH media disesuaikan dengan NaOH 1 M sehingga mencapai pH 7.0. Media disterilisasi dengan autoclave pada suhu 121 °C selama limabelas menit. Sebanyak 25 ml media yang sudah steril dituang ke dalam cawan petri kemudian dibiarkan membeku. Media dapat disimpan pada kulkas suhu 4 °C untuk pemakaian berikutnya.

Media MRS (de Man Rogosa Sharpe) Cair dan Padat

Media MRS cair dibuat dengan menimbang bubuk media MRS sebanyak 52,2 g kemudian dilarutkan dengan 1000 ml air distilasi. 5 ml media MRS cair dimasukkan ke dalam tabung gelas ditutup menggunakan kapas kemudian dilapisidengan aluminium foil. Untuk membuat media MRS padat, dibutuhkan 20 g agar untuk 1000 ml media MRS padat. Media kemudian disterilisasi pada suhu 121 °C selama lima belas menit.

Peremajaan Bakteri

Peremajaan bakteri dilakukan dengan dua cara yaitu ditumbuhkan di media agar dan media broth. Bakteri yang tersimpan di dalam stok geliserol digores (streak) pada media LB agar kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama duapuluh jam. Satu koloni dari bakteri yang tumbuh sebelumnya diambil menggunakan jarum ose kemudian diinokulasikan ke dalam media LB broth dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama duapuluh jam. Bakteri yang sudah murni (single colony) akan dilanjutkan ke tahap identifikasi bakteri secara morfologi dan biokimia.

Pengecatan Gram

Pengecatan Gram dimulai dengan mengambil 1-3 tetes aquades steril kemudian ditetaskan pada kaca objek. Selanjutnya koloni bakteri diratakan diatas kaca objek menggunakan

ose dan preparat difiksasi diatas lampu bunsen. Pewarna pertama (karbol gentian violet) ditetaskan diatas preparat kemudian ditunggu selama 2 menit. Preparat kemudian disiram dengan air yang mengalir, setelah itu pewarna kedua (lugol) ditetaskan diatas preparat dan ditunggu selama 1 menit kemudian dicuci dengan air mengalir. Etanol 96% (destaining) ditetaskan diatas preparat sampai merata, ditunggu selama 15 detik kemudian dibilas dengan air mengalir. Preparat ditetaskan dengan air fuchsin dan dibiarkan selama 1 menit kemudian dilakukan pencucian seperti sebelumnya. Preparat dibiarkan mengering kemudian ditetaskan dengan oil imersion. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100×.

Uji Katalase

Pengujian enzim katalase dilakukan dengan cara meneteskan 3% hidrogen peroksia (H₂O₂) diatas koloni bakteri. Gelembung udara yang muncul menandakan bahwa bakteri yang diuji positif menghasilkan enzim katalase. Enzim katalase berperan penting dalam menetralkan pengaruh H₂O₂ pada bakteri. Produksi enzim katalase ditandai adanya gelembung-gelembung dari hasil pemecahan H₂O₂ menjadi air dan O₂.

Uji Aktivitas Enzim

Bakteri ditumbuhkan pada media LB dan MRS broth dengan cara mengambil 100 µl gliserol stok masing-masing bakteri kemudian diinkubasi dalam *shaker-incubator* pada suhu 37 °C selama 24 jam dengan kecepatan 120 rpm. Kultur bakteri yang tumbuh pada media tersebut kemudian dipanen dengan sentrifugasi 13.000 rpm selama sepuluh menit pada suhu 4 °C setelah itu dicuci dua kali dengan PBS pH 7.2. Sel bakteri dilarutkan kembali dengan PBS pH 7.2 kemudian absorbansi (OD600) disesuaikan pada 0.25 ± 0.05 untuk standarisasi jumlah bakteri (10⁷ – 10⁸ CFU/ml).

Uji aktivitas enzim selulase dilakukan dengan prosedur yang telah dikembangkan oleh Bairagi *et al.* (2002) dengan sedikit modifikasi. Enzim selulase diuji menggunakan media yang terdiri dari 1.0 g sodium klorida, 0.5 g ekstrak khamir, 1.0 g trypton, 1.5 g agar dan 1.0 g carboxymethylcellulose (CMC). 20 ml suspensi bakteri (OD600: 0.25 ± 0.05) ditetaskan diatas media CMC-agar kemudian inkubasi dilakukan selama 72 jam pada suhu 34 °C. Setelah inkubasi, media CMC-agar direndam menggunakan larutan 0.1% red congo selama 15 menit

kemudian dicuci dengan larutan NaCl 1 M. Terbentuknya zona bening di sekeliling koloni bakteri mengindikasikan adanya aktivitas enzim selulase.

Uji Fermentasi Pakan

Peremajaan mikroba dilakukan pada media MRS selama 24 jam pada suhu 37 °C untuk dijadikan starter. Sebanyak 10 gram sampel yang telah disterilisasi disemprot dengan starter kultur masing-masing sebanyak 1 ml, 2 ml, dan 3 ml. Setelah itu pakan yang sudah disemprot diinkubasi pada suhu ruang 37 °C. Setelah proses difermentasi selama 48 jam pada suhu 37 °C sampel pakan kemudian dibuka satu persatu sambil mengecek tingkat kebasahannya. Setelah itu penentuan kadar serat kasar dan kadar protein diawali dengan pengeringan pada temperature 60 °C selama 12 jam. Kadar serat kasar dan kadar protein kasar dianalisis menggunakan metode standar (AOAC 2020). Data hasil analisis kemudian ditabulasi dan dianalisis menggunakan aplikasi SAS.

Analisis Data.

Data hasil analisis proksimat dianalisis variansi (Mattjik, dan Sumertajaya, 2013) dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan, menggunakan software SAS 2001.

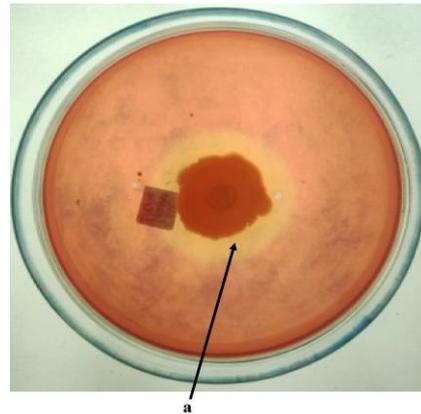
Hasil dan Pembahasan

Pengecatan Gram dan Uji Kemampuan Menghasilkan Enzim Selulase.

Kemampuan enzim selulase dimulai dengan melihat kemurnian dari bakteri *Pediococcus pentosaceus* melalui pengamatan mikroskopis. Didapatkan hasil (Gambar 1) isolat berbentuk bulat, Gram positif, dan katalase negatif yang menunjukkan kesesuaian dengan ciri-ciri bakteri asam laktat. Hasil uji kemampuan bakteri *Pediococcus pentosaceus* dalam menghasilkan enzim selulase adalah positif yang di tandai dengan terbentuknya zona bening (Gambar 2).



Gambar 1. *Pediococcus pentosaceus*, (a: Coccus; Gram +)



Gambar 2. Kemampuan Enzim Selulase, (a: Zona bening)

Zona bening terbentuk karena selulosa telah terhidrolisis oleh enzim selulase, congo red tidak terikat dan tidak berwarna. Uji zona bening merupakan metode yang simpel, cepat, dan cukup akurat untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim selulase. Zona bening yang besar mengindikasikan bahwa bakteri memiliki kemampuan yang tinggi untuk menghasilkan enzim selulase, Bairagi *et al.* (2002).

Bakteri *Pediococcus pentosaceus* yang telah teridentifikasi mampu menghasilkan enzim selulosa dijadikan starter fermentasi. Starter fermentasi adalah kultur mikroba yang digunakan untuk memulai dan mengatur proses fermentasi. Proses fermentasi ini menghasilkan berbagai produk akhir yang memiliki rasa, aroma, dan tekstur khas, serta memiliki nilai gizi dan daya simpan yang ditingkatkan. Pakan berserat tinggi sering kali sulit dicerna oleh hewan ternak karena kandungan serat kasarnya yang tinggi seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Sehingga ketersediaan nutrisi tertentu seperti protein dan energy berkurang. Untuk meningkatkan nilai nutrisinya, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah fermentasi menggunakan bakteri asam laktat dengan tujuan meningkatkan nilai nutrisi pakan berserat tinggi dengan cara mengurangi kadar serat kasar dan meningkatkan ketersediaan nutrisi lainnya seperti protein, energi, dan mineral, Jamaluddin, *et.al.*, (2019). Bakteri asam laktat seperti *Pediococcus spp.* sering digunakan dalam proses fermentasi ini karena kemampuannya untuk menghasilkan enzim-enzim yang dapat memecah kompleks serat kasar. Inokulasi *P. pentosaceus* memiliki efek yang baik dalam meningkatkan kualitas fermentasi, Jiang D., *et.al.*, (2020).

Bakteri asam laktat menghasilkan enzim

ekstra seluler seperti selulase maupun hemicellulase yang dapat mengurai selulosa dan hemiselulosa dalam serat kasar. Bakteri ini juga memfermentasi karbohidrat kompleks menjadi asam organik seperti asam laktat, asetat, dan propionat. Proses ini meningkatkan ketersediaan energi dalam pakan. Aktivitas fermentasi dapat menghasilkan asam organik yang dapat menurunkan pH bahan, sehingga menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan meningkatkan konversi pakan.

Kadar Serat Kasar

Hasil analisis kadar serat kasar berdasarkan bahan kering dari beberapa jenis pakan sebelum dan setelah fermentasi dengan konsentrasi bakteri *Pediococcus pentosaceus* yang berbeda, disajikan pada Tabel 2. Nilai rerata kadar serat kasar dalam eceng gondok tertinggi secara signifikan dibandingkan jenis pakan lainnya, sedangkan duckweed dan lamtoro mengandung serat kasar yang lebih rendah.

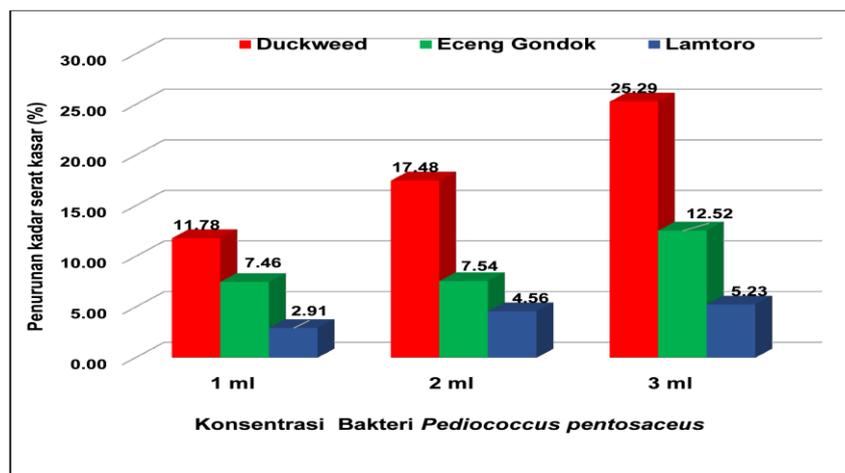
Tabel 2. Kadar Serat Kasar (berdasarkan bahan kering) Setelah Fermentasi (%)

Jenis Pakan	Kosentrasi Bakteri <i>Pediococcus pentosaceus</i>				Pr > F
	0 ml	1 ml	2 ml	3 ml	
Duckweed	15,62	13,78±0,40	12,89±1,31	11,67±0,46	< 0,0001
Eceng Gondok	25,87	23,94±0,65	23,92±0,35	22,63±0,25	
Lamtoro	13,39	13,00±30	12,78±0,38	12,69±0,04	

Hasil penelitian (Tabel 2) membuktikan terjadinya penurunan kadar serat kasar pada sampel duckweed, eceng gondok, dan lamtoro setelah dilakukannya fermentasi menggunakan bakteri *pediococcus pentosaceus*. Rata rata kandungan serat kasar pada tiga jenis hijauan yang berbeda yaitu (12,78±1,17) % pada duckweed, (23,49±0,76) % pada eceng gondok, dan 12,82±0,28) % pada lamtoro. Serat kasar tiga jenis pakan hijau pada pemberian dosis 1 ml dengan serat kasar tertinggi ditunjukkan pada pakan eceng gondok dibandingkan dengan pakan lamtoro dan dackweed. Begitu juga dengan pemberian dosis 2 ml pada tiga jenis pakan didapatkan serat kasar tertinggi pada eceng gondok dibandingkan dengan pakan lamtoro dan dackweed akan tetapi pakan lamtoro lebih tinggi serat kasar dibandingkan dengan dackweed. Pada pemberian dosis 3 ml ditiga jenis pakan menunjukan nilai serat kasar tertinggi pada eceng

gondok dibandingkan dengan pakan dackweed dan lamtoro.

Jadi dari ketiga jenis pakan dengan pemberian kultur dengan dosis 1 ml, 2 ml, 3 ml dapat dikatakan bahwa serat kasar pada eceng gondok lebih tinggi dibandingkan pakan lamtoro dan dackweed. Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa jenis hijauan dan level kosentrasi yang ditambahkan dalam peyemprotan bakteri berpengaruh sangat nyata ($P \leq 0,01$) terhadap kadar serat kasar yang dihasilkan. Tetapi terdapat interaksi yang tidak nyata ($P \geq 0,01$) antara jenis hijauan dan jumlah bakteri yang ditambahkan terhadap kadar serat kasar pakan yang dihasilkan. Lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 3, bahwa tingkat penurunan kadar serat kasar setelah fermentasi pada ketiga bahan pakan rata-rata adalah duckweed sebesar 18,18%, eceng gondok sebesar 9,17%, dan lamtoro sebesar 4,23%.



Gambar 3. Penurunan Kadar Serat Kasar Selama Fermentasi

Fermentasi berhasil menurunkan serat kasar, seperti dilaporkan oleh Ali *et.al.*, (2020), bahwa fermentasi berhasil mengurangi serat kasar secara signifikan pada beberapa jenis pakan. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan oleh beberapa factor diantaranya: Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi dapat bervariasi. Beberapa jenis mikroba mempunyai kemampuan yang tidak sama dalam mendegradasi serat kasar pakan. Beberapa mikroba mungkin lebih efisien dalam mencerna jenis serat tertentu daripada yang lain. Lama Fermentasi fermentasi juga dapat mempengaruhi hasil akhir. Fermentasi yang lebih lama cenderung menghasilkan degradasi serat kasar yang lebih besar karena memberikan lebih banyak waktu bagi mikroba untuk menguraikan komponen pakan. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, pH, dan ketersediaan nutrisi juga berpengaruh. Mikroba fermentasi membutuhkan kondisi lingkungan tertentu untuk berkembang dan melakukan aktivitas mereka dengan optimal. Perubahan dalam faktor-faktor ini dapat mengubah efisiensi fermentasi dan degradasi serat kasar.

Froidurot, A., and Julliand, V. (2022) menyatakan, bahwa kandungan awal serat kasar dalam pakan sebelum difermentasi juga mempengaruhi hasil akhir. Pakan dengan komposisi serat kasar yang berbeda (misalnya kandungan lignin yang tinggi atau rendah) akan memberikan hasil fermentasi yang berbeda pula. Berbagai metode analisis serat kasar dapat memberikan hasil yang berbeda-beda tergantung pada bagaimana serat kasar didefinisikan dan diukur. Variabilitas ini juga dapat mempengaruhi perbedaan hasil penelitian.

Serat kasar merupakan bahan organik berupa selulosa, lignin maupun hemiselulosa yang tidak dapat larut dalam asam maupun basa lemah (Jamaluddin, *et.al.*, 2019). Serat kasar termasuk kelompok karbohidrat yang didefinisikan sebagai fraksi sisa dalam proses digesti pakan. Penurunan kadar serat kasar dalam suatu bahan yang difermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, jenis substrat, pH, suhu, aerasi, waktu fermentasi, dan jenis starter yang digunakan (Setiyatwan *et.al.*, (2019) menyatakan lama fermentasi duckweed berpengaruh nyata terhadap penurunan serat kasar. Studi sebelumnya telah mengonfirmasi bahwa fermentasi dengan *Pediococcus pentosaceus* memberikan hasil yang positif dalam meningkatkan kualitas *eceng gondok* sebagai pakan ternak yang berpotensi tinggi (Raharjo, A.

P., dan Isnawati, 2022).

Hasil Penelitian oleh Putri *et al.* (2012) terkait penurunan kadar serat kasar pada lamtoro lebih tinggi yaitu menurunkan serat kasar dari 22% menjadi 18 %, dengan perlakuan penambahan 8% probiotik. Hal ini dimungkinkan terjadi karena penambahan isolat berupa probiotik, yaitu gabungan dari beberapa jenis bakteri asam laktat yang berbeda dan bekerjasama dalam hidrolisis serat. Penurunan kadar serat kasar pada pakan ternak yang difermentasi terjadi melalui beberapa mekanisme, diantaranya adalah hidrolisis selulosa oleh mikroorganisme yang dapat memecah rantai panjang selulosa menjadi molekul gula yang lebih kecil dan mudah dicerna oleh ternak. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kadar serat kasar pakan ternak yang difermentasi, antara lain: jenis mikroorganisme fermentasi, lama waktu fermentasi, kondisi fermentasi (seperti pH, temperatur, dan kadar air), dan jenis pakan ternak.

Penurunan kadar serat kasar pakan ternak yang telah difermentasi memiliki beberapa manfaat, antara lain pakan ternak yang difermentasi lebih mudah dicerna oleh ternak, sehingga meningkatkan penyerapan nutrisi. Peningkatan pencernaan pakan dapat meningkatkan performa ternak, seperti penambahan bobot badan, produksi susu, dan kualitas daging. Pencernaan serat kasar yang lebih efisien dapat mengurangi emisi gas metana yang terbentuk dari kotoran ternak, yang merupakan gas rumah kaca yang kuat.

Kadar Protein Kasar (PK)

Fermentasi menggunakan bakteri tertentu, seperti *Pediococcus pentosaceus*, telah menjadi topik penelitian yang menarik untuk meningkatkan nilai nutrisi tanaman sebagai pakan ternak. Melalui fermentasi, diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan protein kasar dan nilai nutrisi lainnya. Penurunan kandungan protein kasar selama proses fermentasi memang bisa disebabkan oleh beberapa faktor yang saling berinteraksi. Alasan pertama yaitu penggunaan nutrisi oleh mikroba, bahwa selama fermentasi, mikroba yang terlibat dalam proses tersebut mengonsumsi berbagai nutrisi dari bahan yang difermentasi, termasuk protein. Mikroba ini menggunakan protein untuk pertumbuhan dan aktivitas metabolisme mereka, yang mengakibatkan penurunan kadar protein kasar dalam bahan fermentasi. Alasan kedua yaitu degradasi dan penggunaan asam amino. Menurut

Steinkraus (1983), penurunan protein kasar juga bisa disebabkan oleh degradasi asam amino bebas yang dihasilkan dari pemecahan protein. Asam amino ini bisa dirombak oleh mikroba menjadi senyawa lain, seperti amonia atau senyawa volatil lainnya, yang juga mengurangi kandungan protein kasar yang terukur. Kedua mekanisme ini berkontribusi pada penurunan kandungan protein kasar, tetapi dampak relatif dari masing-masing faktor bisa berbeda tergantung pada jenis mikroba yang terlibat, kondisi fermentasi, dan karakteristik bahan yang

difermentasi. Sebagai contoh, beberapa mikroba mungkin lebih efisien dalam menggunakan protein daripada yang lain, atau kondisi fermentasi seperti pH dan suhu dapat mempengaruhi tingkat degradasi protein dan asam amino. Dalam penelitian atau aplikasi praktis, penting untuk mempertimbangkan kedua faktor ini untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang bagaimana proses fermentasi mempengaruhi kandungan protein kasar dan bagaimana hasil akhir bisa dioptimalkan.

Tabel 3. Kadar Protein Kasar Setelah Fermentasi (%)

Jenis Pakan	Kosentrasi Bakteri <i>Pediococcus pentosaceus</i>				Pr > F
	0 ml	1 ml	2 ml	3 ml	
Ducweed	16,41	< 0,0001	16,85±0,19	17,18±0,27	< 0,0001
Eceng Gondok	17,74	17,05±0,27	17,33±0,14	18,22±0,27	
Lamtoro	24,90	22,46±0,14	24,84±0,11	25,43±0,78	

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 3) didapatkan data peningkatan kadar protein kasar pada sampel duckweed, eceng gondok, dan lamtoro setelah dilakukannya fermentasi menggunakan bakteri *Pediococcus pentosaceus*. Kadar PK dari 3 jenis pakan hijauan pada pemberian dosis 1 ml menunjukkan nilai tertinggi pada jenis pakan lamtoro dengan sebesar (22,46±0,14) % diikuti pakan duckweed dan lamtoro. Begitu juga PK pada 3 jenis pakan yang diberikan dosis 2 ml dan 3 ml menunjukkan nilai tertinggi pada jenis pakan lamtoro, kemudian eceng gondok dan terendah duckweed. Jadi dari ketiga jenis pakan dengan pemberian masing-masing dosis 1 ml, 2 ml, 3 ml dapat dilihat bahwa pemberian dosis 3 ml menunjukkan PK tertinggi pada pakan lamtoro, baik itu pada pemberian dosis 1 ml, 2 ml, 3 ml pakan lamtoro mengandung PK tertinggi dibandingkan pakan duckweed maupun eceng gondok.

Kandungan PK pada lamtoro jika dibandingkan dengan PK dari eceng gondok dan duckweed disebabkan oleh peyemprotan bakteri dengan dosis 3 ml lebih tinggi hasil PK pada lamtoro karna semakin banyak bakteri yang disempotkan maka perkembangan bakteri juga semakin cepat selama fermentasi, pertambahan sel bakteri akan menambah kadar protein pada pakan yang dihasilkan karena sel bakteri juga mengandung protein, begitu juga sebaliknya semakin sedikit bakteri disempotkan maka PK juga yang di dapat rendah. Pendapat ini didukung oleh (Fitrihidajati *et.al.*, 2015), yang menyatakan bahwa Eceng gondok (*Eichhornia*

crassipes) memang telah menjadi objek penelitian yang signifikan dalam konteks pemanfaatan pakan ternak, terutama karena kemampuannya untuk tumbuh dengan cepat dan kemudahannya dalam proses panen. Berikut adalah detail kandungan nutrisinya, bahan kering sekitar 7%; protein kasar 11,2%; serat kasar 18,3%; BETN 57%; lemak kasar 0,9%; abu 12,6%; Ca 1,4%; dan P sebesar 0,3%. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa Eceng gondok bisa menjadi alternatif pakan yang ekonomis dan berkelanjutan. Beberapa penelitian mungkin juga mengeksplorasi metode pengolahan untuk meningkatkan kualitas pakan atau menilai efek jangka panjang pada kesehatan dan produktivitas ternak. Dengan potensi dan tantangan yang ada, pemanfaatan Eceng gondok untuk pakan ternak bisa menjadi solusi yang efektif, terutama di daerah dengan sumber daya tanaman ini yang melimpah (Fitrihidajati *et.al.*, 2015). Pemanfaatan protein yang terjadi juga dipengaruhi oleh aktivitas bakteri akibat dari suasana asam yang lama terjadi. Uji lanjut jarak berganda Duncan untuk dosis bakteri yang ditambahkan menunjukkan bahwa PK hijauan yang ditambahkan dengan dosis bakteri 3% nyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan silase hijauan yang ditambahkan dosis bakteri 2% dan 1%. Lebih tingginya kandungan PK pada silase hijauan yang ditambahkan dengan dosis bakteri 3% jika dibandingkan dengan 2% dan 1% disebabkan oleh kualitas bakteri telah teruji mampu menghasilkan enzim selulase dan kuantitas yang ditambahkan lebih banyak

sehingga proses hidrolisis protein dan sintesis protein

Uji lanjut jarak berganda Duncans menunjukkan bahwa kandungan PK pada pakan lamtoro lebih tinggi ($P \leq 0,05$) jika dibandingkan dengan pakan enceng gondok dan duckweed. Lebih tinggi kandungan PK pada lamtoro jika dibandingkan dengan PK dari enceng gondok dan duckweed disebabkan oleh peyemprotan bakteri dengan dosis 3ml lebih tinggi hasil PK pada lamtoro karena semakin banyak bakteri yang yang disempotkan maka akan lebih tinggi protein yang dihasilkan begitu juga sebaliknya semakin sedikit bakteri disempotkan makan PK juga yang di dapat rendah. Pendapat ini didukung oleh (Fitrihidajati *et.al.*, 2015). yang menyatakan bahwa Eceng Gondok mengandung bahan kering sekitar 7%; dan protein kasar 11,2%.

Sampai sekarang telah banyak dilakukan penelitian tentang manfaat eceng gondok sebagai pakan ternak. Pemanfaatan protein yang terjadi juga dipengaruhi oleh aktivitas bakteri akibat dari suasana asam yang lama terjadi. Penurunan kandungan protein ini disebabkan oleh aktivitas mikroba dalam menghasilkan enzim protease. Enzim tersebut memecah protein menjadi senyawa peptida atau asam amino sehingga dapat meningkatkan kandungan protein. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada penelitian (Ali *et.al.*, 2020). yang menyatakan bahwa kandungan PK pada pakan sangat dipengaruhi oleh dosis yang diberikan semakin banyak dosisnya maka hasil PK semakin tinggi

Uji lanjut jarak berganda Duncan untuk dosis bakteri yang ditambahkan menunjukkan bahwa PK hijauan yang ditambahkan dengan dosis bakteri 3% nyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan silase hijauan yang ditambahkan dosis bakteri 2% dan 1%. Lebih tingginya kandungan PK pada silase hijauan yang ditambahkan dengan dosis bakteri 3% jika dibandingkan dengan 2% dan 1% disebabkan oleh kualitas bakteri telah teruji mampu menghasilkan enzim selulase dan kuantitas yang ditambahkan lebih banyak sehingga protein bisa naik karena:

Serat kasar terhidrilisa sehingga turun persentasinya menyebabkan persentase protein naik. Adanya perkembangan jumlah bakteri yang berkontribusi menaikkan protein (single cell protein), dan sintesis protein berlangsung lebih cepat. Hasil penelitain ini lebih rendah dibandingkan dari hasil penelitian Yanuartono *et al.* (2019) yang menyatakan, bahwa fermentasi jerami mampu meningkatkan kadar PK (9,31%).

Basuni *et al.* (2010) menyatakan, bahwa fermentasi jerami padi dapat menaikkan kadar PK menjadi 9,09% serta menurunkan serat kasar menjadi 18,44%. Lebih lanjut, Bansi *et al.* (2012) menyatakan, bahwa fermentasi jerami padi mampu meningkatkan kadar PK sampai 8,79% dan menurunkan kadar serat kasar menjadi 39,96%. Hasil tertinggi pada penelitian Mulijanti *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa fermentasi jerami padi mampu meningkatkan kandungan PK menjadi 10,48% dan menurunkan serat kasar menjadi 16,74%.

Terdapat beberapa mekanisme yang mendasari peningkatan kadar protein kasar pada pakan ternak yang difermentasi, Jamaluddin, *et.al.*, (2019), selama fermentasi mikroorganisme seperti bakteri dan jamur, mampu mensintesis protein dari sumber karbon dan nitrogen yang tersedia dalam media pakan yang difermentasi. Protein mikroba ini kemudian dapat dimanfaatkan oleh ternak sebagai sumber protein. Fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan protein terikat dalam bahan pakan, seperti protein yang terikat pada dinding sel tumbuhan. Hal ini memungkinkan ternak untuk mencerna dan menyerap protein tersebut lebih mudah.

Peningkatan kadar protein kasar pada pakan ternak yang difermentasi memiliki beberapa manfaat, antara lain: Pakan ternak yang difermentasi dengan kadar protein kasar yang lebih tinggi dapat meningkatkan performa ternak, seperti penambahan bobot badan, produksi susu, dan kualitas daging. Peningkatan kecernaan protein dapat meningkatkan efisiensi pakan, sehingga ternak membutuhkan lebih sedikit pakan untuk mencapai performa yang optimal. Protein yang cukup penting untuk menjaga kesehatan ternak dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit.

Kesimpulan

Bakteri *Pediococcus pentosaceus* mampu menghasilkan enzim ekstraseluler yaitu enzim selulolitik. Fermentasi menggunakan Bakteri *Pediococcus pentosaceus* mampu menurunkan kadar serat kasar, penurunan rata-rata tertinggi terjadi pada pakan duckweed sebesar 18,18%, berikutnya pada eceng gondok sebesar 9,17%, dan terendah pada lamtoro sebesar 4,23%. Sedangkan berdasarkan doses yang diberikan, tertinggi pada duckweed sebesar 25,29% dengan doses 3 ml. Fermentasi menggunakan Bakteri *Pediococcus pentosaceus* mampu meningkatkan

secara fluktuatif kadar protein kasar, hasil tertinggi berdasarkan pemberian doses yaitu juga pada duckweed sebesar 4,69% dengan doses 3 ml.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pranata Laboratorium (PLP) dan Teknisi Laboratorium Bioteknologi dan Hasil Ternak; dan Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Mataram.

Referensi

- Aidil, MFFS., Hipzul, MM., Anwar, K., Ali, M., & Kisworo, D. (2023). Isolation of Cellulolytic Bacteria from Kalkun (*Meleagris gallopavo*) Gastro-Intestinal Tract as a Candidate Probiotics for Poultry. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5).
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.3739>
- Ali, N., Suhartina, Muktiani, A., & Pangestu, E. (2020). Quality of crude protein and crude fibre wafer complete feed based on rice straw fermented with Effective Microorganism 4 (EM-4). The 2nd International Conference of Animal Science and Technology IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 492 012028 IOP Publishing.
<https://doi:10.1088/1755-1315/492/1/012028>
- Anton, Taufik, E, & Wulandari, Z. (2020). Studi Residu Antibiotik dan Kualitas Mikrobiologi Telur Ayam Konsumsi yang Beredar di Kota Administrasi Jakarta Timur. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 8(3), 151–159.
<https://doi.org/10.29244/jipthp.8.3.151-159>
- AOAC Official Methods (2020). *Journal of Association of Official Analytical Chemists*. Pages 851–860.
<https://doi.org/10.1093/jaoac/67.5.851>
- Ariandi (2016). Pengenalan Enzim Amilase (Alpha-Amylase) dan Reaksi Enzimatisnya Menghidrolisis Amilosa Pati Menjadi Glukosa. *Jurnal Dinamika*, 07(1). 74-82.
<https://api.core.ac.uk/oai/oai:ojs.journal.u-nep.ac.id:article/613>
- Arifin, Z., Gunam, IBW., Antara, NS., & Setiyo, Y. (2019). Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Selulosa dari Kompos. *J. Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(1):30.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i01.p04>
- Awad, W. A., Ghareeb, K., & Bohm, J. (2010). Effect of addition of a probiotic micro-organism to broiler diet on intestinal mucosal architecture and electrophysiological parameters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94(4), 486–494.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00933.x>
- Bairagi, A., Ghosh, K.S., Sukanta, K.S., & Ray, AK. (2002). Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. *Aquaculture International* 10, 109–121
<https://doi.org/10.1023/A:1021355406412>
- Bansi, H., R. Risiyanto & R. A. Indriawaty. (2012). Use Of Microbes to Improve Nutritional ValueOf Rice Straw. *International Conference on Livestock Production andVeterinary Technology 2012*: 99-103.
<https://www.researchgate.net/publication/305286632>
- Fitrihidajati, H., Ratnasari, E., Isnawati, & Soeparno, G. (2015). Kualitas Hasil Fermentasi pada Pembuatan Pakan Ternak Ruminansia Berbahan Baku Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*, 7 (1).
<https://journal.unnes.ac.id/nju/biosaintifika/article/view/3540/3489>
- Froidurot, A., & Julliand, V. (2022). Cellulolytic bacteria in the large intestine of mammals. *Gut Microbes*, 14(1), 1–28.
<https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2031694>
- Herdian, H., Istiqomah, L., Damayanti, E., Suryani, A. E., Anggraeni, A. S., Rosyada, N., & Susilowati, A. (2018). Isolation of cellulolytic lactic-acid bacteria from Mentok (*Anas moschata*) Gastro-Intestinal tract. *Tropical Animal Science Journal*, 41(3), 200–206.
<https://doi.org/10.5398/tasj.2018.41.3.200>
- Ilham, N. (2015). Government Policies on Small Scale Poultry Business and Environmental Health in Indonesia. *Indonesian Bulletin*

- of Animal and Veterinary Sciences*, 25(2), 95–105.
<https://doi.org/10.14334/wartazoa.v25i2.1146>
- Jamaluddin, D., Nurhaeda, N., & Rasbawati, R. (2019). Analisis Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar Silase Pakan Komplek Berbahan Dasar Kombinasi Jerami Padi dan Daun Lamtoro Sebagai Pakan Ternak Ruminansia. *Bionature* 19(2). 105 – 111. DOI:[10.35580/bionature.v19i2.9727](https://doi.org/10.35580/bionature.v19i2.9727)
- Jiang D, Li B, Zheng M, Niu D, Zuo S, & Xu C. (2020), Effects of *Pediococcus pentosaceus* on fermentation, aerobic stability and microbial communities during ensiling and aerobic spoilage of total mixed ration silage containing alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Grassl Sci*. 66:215–224. <https://doi.org/10.1111/grs.12272>
- Karlina, D., Fatoni, F.C., Hidayatullah, F., Erlinawati, A., Manggala, A., & Ridwan.KA. (2022). Biopellet dari Eceng Gondok, Sekam, Dedak, Serbuk Gergaji dan Tongkol Jagung Ditinjau dari Komposisi Terhadap Kualitas Biopellet. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*. 2(2), 63-67. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.135>
- Kusumaningrum, Ambar, Gunam, I.B.A., & Wijaya. I.M.M., (2019). “Optimasi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (Rsm).” *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7 (2): 243. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i02.p08>.
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., Zyl, W. H. Van, & Isak, S. (2013). Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology Microbial Cellulose Utilization. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), 506–577. <https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506>
- Mattjik, AA., & Sumertajaya, M. (2013). Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab, Jilid I, Edisi ke-dua. 334p. PT Penerbit IPB Press, ISBN.9794933996, 9789794933992
- Mulijanti, S.L. S. Tedy & Nurnayetti (2014). Pemanfaatan Dedak Padi dan Jerami Fermentasi pada Usaha Penggemukan Sapi Potong di Jawa Barat. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 16 (3): 179-187. <https://doi.org/10.25077/jpi.16.3.179-187.2014>
- Murtiyaningsih, H., & M. Hazmi (2017). “Isolation and Cellulase Enzyme Activities Assays in Cellulolytic Bacteria Origin from Soil Waste.” *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)* 15 (2): 293–308. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP>
- Putri, D.R., Subekti, S., & Agustono (2012). Kandungan Bahan Kering, Serat Kasar dan Protein Kasar Pada Daun Lamtoro (*Leucaena Glauca*) Yang Difermentasi Dengan Probiotik Sebagai Bahan Pakan Ikan. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*. 4(2):161–167. <https://ejournal.unair.ac.id/JIPK/article/view/11567/6580>
- Raharjo, A. P., & Isnawati (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik pada Pakan Fermentasi Eceng Gondok, Tongkol Jagung, dan Bekatul Padi Isolation and Characterization Cellulolytic Bacteria from Fermentation Feed of Water Hyacinth, Corn cob, and Rice Bran. *Lentera Bio*, 11(1), 44–51. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lentera/bio/index44>.
- Salminen, S., A. V. Wright & A. Ouwehand (2004). Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspect, 3rd Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc, New York. <https://doi.org/10.1086/428129>
- Seprianto (2017). Isolasi Dan Penapisan Bakteri Selulolitik Dari Berbagai Jenis Tanah Sebagai Penghasil Enzim Selulase. *Ijobb*, 1(2), 67–73. <https://www.researchgate.net/publication/329733116>
- Setiyatwan, H., Harlia1, E., & Rusmana, D. (2019). Duckweed Quality Improvement Through Fermentation Using *Trichoderma harzianum* and *Saccharomyces cerevisiae* on Dry Matter, Ash and Crude Fat. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 334 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/334/1/012030>
- Steinkraus, K. (1995). Handbook of indigenous Fermented Foods, Revised and Expanded. 2nd., Marcel Dekker, Inc, New York. eBook ISBN9780203752821., pp 792. <https://doi.org/10.1201/9780203752821>
- Sulistiawati, A. (2022). Komposisi Serat Jerami Padi Yang Difermentasi Menggunakan

Biostarter yang Dikembangkan Dari Mikroba Isi Rumen Ternak Kerbau (Thesis/Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

<http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/17575>

- Suningsih, N., Ibrahim, W., Liandris, O., & Yulianti, R. (2019). Kualitas fisik dan nutrisi jerami padi fermentasi pada berbagai penambahan starter. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 191-200. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.191-200>
- Susanti, V., Mairizal, M., Yurleni, Y., Adriani, A., & Manin, F. (2021). Iso Isolasi Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap dan Daya Hidupnya Pada Berbagai Substrak yang Berasal dari Limbah Pertanian Dan Perkebunan. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 24(2), 81-96. <https://doi.org/10.22437/jiip.v24i2.13826>
- Yanuartono, S. Indarjulianto, H. Purnamaningsih, A. Nururrozi, & S. Raharjo (2019). Fermentasi: Metode untuk Meningkatkan Nilai Nutrisi Jerami Padi. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14 (1): 49-60. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jspi/index> .
<http://dx.doi.org/10.31186/jspi.14.1.49-60>