



Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) yang Difermentasi Menggunakan Ma-11 untuk Menurunkan Serat Kasar dengan Dosis yang Berbeda

Aditya Ilham Ramadhan^{1*}, Purwo Siswoyo², Warisman³

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Indonesia

²⁻³Magister Ilmu Peternakan, Universitas Pembangunan Panca Budi, Indonesia

Email: adityailham889@gmail.com¹, purwoyo@dosen.pancabudi.ac.id²

*Penulis Korespondensi: adityailham889@gmail.com

Abstract. This study was motivated by the large amount of agricultural waste, particularly corn waste in the form of corn cobs (*Zea mays L.*), which has not been optimally utilized and is generally considered to have little economic value. One effort to utilize this waste is to process corn cobs into an alternative feed for ruminants through fermentation using MA-11 as a bioactivator or decomposer starter inoculum. This study aimed to determine the nutritional content of corn cobs after fermentation with MA-11 and to evaluate the effectiveness and potential of MA-11 in reducing crude fiber content. The study employed an experimental method using a Completely Randomized Design (CRD), consisting of three MA-11 concentrations, namely 1%, 3%, and 7%, along with a negative control of 0%. The observed parameters included crude fiber reduction, color, and aroma of the fermented material or silage. The results showed that MA-11 contains beneficial microorganisms capable of decomposing organic matter and contributing to the fermentation process. The concentration of MA-11 and fermentation duration had a significant effect ($p < 0.05$) on crude fiber content. Higher concentrations of MA-11 and longer fermentation periods resulted in a greater reduction in crude fiber content. Fermentation for 3 days produced the best results in reducing crude fiber, thereby improving the quality and digestibility of corn cobs as a livestock feed ingredient.

Keywords: Corn Cobs; Crude Fiber; Fermentation; Livestock Feed; MA-11.

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya jumlah limbah pertanian, khususnya limbah tanaman jagung berupa tongkol jagung (*Zea mays L.*), yang belum dimanfaatkan secara optimal dan umumnya dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Salah satu upaya pemanfaatannya adalah mengolah tongkol jagung menjadi pakan alternatif bagi ternak ruminansia melalui proses fermentasi menggunakan MA-11 sebagai bioaktivator atau inokulum starter dekomposer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan nutrisi tongkol jagung setelah difermentasi dengan MA-11 serta mengetahui efektivitas dan potensi MA-11 dalam menurunkan kandungan serat kasar. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas tiga konsentrasi MA-11, yaitu 1%, 3%, dan 7%, serta kontrol negatif 0%. Parameter yang diamati meliputi penurunan serat kasar, warna, dan aroma hasil fermentasi atau silase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MA-11 mengandung mikroba yang mampu mendekomposisi bahan organik dan berperan dalam proses fermentasi. Pemberian MA-11 dan lama fermentasi berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kandungan serat kasar. Semakin tinggi konsentrasi MA-11 dan semakin lama waktu fermentasi, kandungan serat kasar semakin menurun. Fermentasi selama 3 hari memberikan hasil terbaik dalam menurunkan serat kasar sehingga meningkatkan kualitas dan pencernaan tongkol jagung sebagai bahan pakan ternak.

Kata kunci: Fermentasi; MA-11; Pakan Ternak; Serat Kasar; Tongkol Jagung.

1. LATAR BELAKANG

Tanaman Jagung Masuk Ke Indonesia setelah abat ke-16. Tanaman jagung ini dibawa oleh bangsa Portugis (Fitri A., et al (2021). Tanaman jagung termasuk tanaman yang pengolahannya tidak rumit dalam penyajiannya. Tanaman jagung adalah tanaman yang memiliki batang tumbuh tegak lurus keatas tanpa mengeluarkankan cabang mmiliki akar serabut. Limbah yang dihasilkan oleh aktiftais pertanian yang bukan merupakan produk primer seperti limbah jagung yang terdiri dari sisa batang, jerami, daun, akar, sekam, cangkang dan sebagainya. Limbah pertanian merupakan produk sisa hasil pertanian tidak terpakai dan

jumlahnya sangat banyak tersedia di lahan lahan pertanian, sekaligus merupakan sumber daya terbaru dan terbarukan, mudah didapat, dan bahan yang murah atau gratis. Jadi ini bisa menjadi sumber daya yang penting dan murah (Sabiti 2011). Limbah hasil pertanian merupakan bagian tanaman yang tidak diambil pada saat panen atau disebut juga sebagai sisa dari produksi pertanian karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis (Shilvina Widi, 2022). Menurut (Faursyah R, 2017) salah satu limbah pertanian yang banyak dijumpai adalah limbah tanaman jagung. Saat ini limbah pertanian banyak dimanfaatkan antara lain sebagai pupuk dan pakan ternak. Teknologi dengan pemanfaatan bahan pakan lokal adalah pemanfaatan limbah tanaman jagung. Limbah dari hasil tanaman jagung yang bisa digunakan sebagai pakan ternak adalah sebagai berikut yaitu batang tanaman jagung, kulit buah jagung/klobot jagung, janggel dan tumpi. Selain itu khususnya hasil panen jagung muda limbahnya dapat digunakan sebagai pakan ternak tanpa dilakukan pengolahan awal (Shilvina Widi, 2022).

Ada sebagian masyarakat menanam jagung memang dikhususkan hanya untuk pakan yang disebut tebon. Tebon adalah tanaman jagung yang seluruh bagian tanaman jagung mulai dari akar batang, daun, bunga dan buah jagung muda semuanya dipanen tanpa ada yang di buang. Umur tanaman tebon ini 45 – 65 hari (Bracco et al. 2018). Limbah tongkol tanaman jagung merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan baik sebagai pakan ternak maupun sebagai kompos. Hal ini dikarenakan tongkol jagung sangat banyak mengandung selulosa sebesar 45%, hemiselulosa 35% dan lignin 15%. Dengan kandungan serat kasar (selulosa, hemilosa, dan lignin) yang tinggi menyebabkan limbah pemipilan jagung tidak bisa

diberikan dalam jumlah banyak kepada ternak, sehingga diperlukan upaya untuk menurunkan serat kasar terutama lignin dan selulosa melalui fermentasi dengan mikroba lignoselulolitik (Nurmilatillah., 2021). Pada awalnya tongkol jagung tersebut biasanya biang percuma dan terkadang dibakar karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Kemudian meningkat sebagai bahan olahan menjadi supertus, dan untuk bahan bakar, bioetanol setelah difermentasi. Sedangkan pemanfaatannya tongkol jagung sebagai pakan ternak belum banyak dikembangkan secara optimal (Y Achadri, E Y Hosang, et al., 2021). Hal ini mungkin disebabkan oleh kualitasnya yang relatif rendah seperti pada limbah pertanian lainnya.

(Edwin Herdiansyah, 2021). Fauziah., Y., A., (2020), menyatakan bahwa tongkol buah jagung merupakan salah satu limbah dari hasil pertanian budidaya tanaman jagung, dimana tongkol jagung ini sangat potensial sekali jika dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dengan memberi sedikit perlakuan seperti perlakuan fermentasi. Disamping itu juga tongkol jagung ini keberadaannya atau ketersediannya tongkol jagung sangat melimpah, mudah

dalam pengangkutannya, dan kaya akan nutrisi serta mudah dalam pengolahannya sebagai pakan tenak berkat bantuan mikroorganisme yaitu dengan cara memfermentasikannya. Dengan kandungan-kandungan yang dimiliki Ma-11 menjadikan potensi yang sangat baik sebagai superdekomposer untuk penghancur serat kasar. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang efektivitas Ma-11 dalam memfermentasikan bahan pakan dari tongkol jagung menjadi pakan yang berserat rendah dan bernilai pakan bergizi.

2. KAJIAN TEORITIS

Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.)

Jagung Jagung memiliki siklus hidup selama 80-100 hari, siklus pertama adalah tahap pertumbuhan vegetatif dan pada siklus kedua merupakan pertumbuhan generatif. Jagung memiliki struktur morfologi yang mencakup akar, batang, daun, bunga, dan buah (Wirawan dan Wahab, 2007). Akar berfungsi menyerap air dan mineral dari tanah, sekaligus mengeluarkan zat organik dan senyawa yang tidak dibutuhkan tanaman. Sistem perakaran jagung terdiri dari empat jenis akar: akar utama, akar cabang, akar lateral, dan akar rambut. Tergolong berakar serabut, akar jagung dapat mencapai kedalaman 8 meter, meskipun umumnya berada di kedalaman sekitar 2 meter. Perkembangan akar jagung, baik kedalaman maupun penyebarannya, dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain varietas jagung, pengolahan tanah, kondisi fisik dan kimia tanah, pemupukan, dan ketersediaan air.

Bagian Batang tanaman jagung mempunyai bentuk silindris tanpa cabang dan terdiri dari beberapa ruas serta buku ruas. Tongkol jagung dapat berkembang pada buku ruas yang memiliki tunas. Tongkol yang menghasilkan secara produktif biasanya terbentuk dari dua tunas teratas. Batang jagung memiliki tiga jenis jaringan utama, yaitu epidermis, jaringan pembuluh (bundel vaskuler), dan bagian pusat batang (pith). Batang jagung memiliki variasi jumlah ruas yang berkisar antara 10 hingga 40. Panjang batangnya bervariasi antara 60 hingga 300 cm, tergantung pada jenis varietasnya. Genotipe jagung dengan batang yang kokoh 8 biasanya memiliki lebih banyak lapisan jaringan sklerenkim yang berdinding tebal di bawah epidermis batang dan di sekitar bundel vaskuler (Paliwal, 2000).

Jagung memiliki daun yang sempurna, dengan bentuk memanjang, dan terdapat pelepah serta ligula pada helai daunnya. Pada tulang dan permukaan daun licin atau berbulu. Sel-sel epidermis berbentuk kipas mengelilingi stoma, struktur ini memiliki peran penting untuk respon tanaman dalam menanggapi defisit air terhadap sel (Wirawan dan Wahab, 2007). Daun jagung memiliki jumlah yang sama dengan jumlah buku batang, umumnya sekitar 10-18 helai. Pada daerah tropis, jumlah daun pada tanaman jagung cenderung lebih

banyak jika dibandingkan dengan yang tumbuh di daerah beriklim sedang (Paliwal, 2000). Genotipe jagung menunjukkan variasi dalam panjang, lebar, ketebalan, sudut, dan warna pigmen daunnya. Dalam beberapa genotipe jagung mempunyai antosianin pada helai daunnya, umumnya di pinggir daun atau pada tulang daun. Ujung daun jagung memiliki berbagai bentuk, seperti tumpul, bulat agak tumpul, runcing agak bulat dan runcing. Jagung merupakan tanaman berumah satu (monoecious), dikarenakan jagung memiliki bunga jantan dan betina dalam satu tanaman. Serbuk sari akan terlepas selama 3-6 hari, tergantung dari varietas, suhu serta kelembapan. Dalam 3- 8 hari, rambut tongkol tetap reseptif. Serbuk sari akan tetap viabel selama 4 hingga 16 jam setelah dilepaskan. Proses penyerbukan akan selesai dalam 24 hingga 36 jam, diikuti dengan pembentukan biji yang dimulai dalam 10 hingga 15 hari. Setelah penyerbukan, rambut pada tongkol akan berubah warna menjadi cokelat dan kemudian mengering. Tanaman jagung umumnya memiliki satu atau dua tongkol, tergantung pada varietasnya. Tongkol jagung dilapisi oleh daun kelobot. Biasanya, tongkol jagung yang terletak di bagian atas akan terbentuk lebih awal dan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan tongkol yang berada di bawah. Setiap tongkol terdiri dari 10 hingga 16 baris biji, dengan jumlah yang selalu genap.

Biji jagung disebut caryopsis, di mana dinding ovarium (perikarp) menyatu dengan kulit biji (testa) membentuk dinding buah. Biji jagung memiliki tiga bagian utama yaitu pericarp, endosperm, dan embrio (Hardman dan Gunsolus, 1998). Pericarp adalah bagian lapisan luar yang tipis. Endosperm adalah cadangan makanan, yang mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan 9 lainnya. Embrio merupakan miniatur tanaman yang terbuat di atas plumule, akar radikal scutellum serta koleoptil.

Limbah Tongkol Jagung

Limbah tongkol jagung adalah sisa dari tanaman jagung setelah bijinya dipipil atau dipisahkan. Seringkali dianggap sebagai sampah pertanian, padahal tongkol jagung memiliki kandungan kimia dan potensi ekonomi yang sangat besar jika diolah dengan benar.

Karakteristik tongkol jagung dan kandungan kimia

Tongkol jagung termasuk dalam kategori limbah lignoselulosa, yaitu bahan tanaman yang terdiri dari tiga komponen utama: Selulosa: Serat utama yang memberikan kekuatan struktur. Hemiselulosa: Komponen yang mudah dipecah menjadi gula sederhana (xylose). Lignin: Zat kayu yang mengikat serat-serat selulosa. Sumber: Balitbangtan (Badan penelitian dan Pengembangan Pertanian). Karena teksturnya yang keras dan berserat, tongkol jagung tidak mudah hancur secara alami di alam, sehingga memerlukan penanganan khusus agar tidak mencemari lingkungan.

Ma-11

MA-11 merupakan singkatan dari *Microbacter Alfaafa 11*, yaitu kumpulan mikroba menguntungkan yang terdiri atas bakteri aerob maupun anaerob. Sedangkan Alfaafa, nama ini diambil dari tanaman alfaafa (*Medicago sativa*), (Widiasmadi, N. 2012) menemukan bahwa perakaran tanaman Alfaafa memiliki simbiosis dengan mikroba yang sangat kuat dalam menambat nitrogen dan mendekomposisi bahan organik. Formulasi MA-11 diklaim mengandung campuran mikroba yang bekerja secara sinergis (bekerja sama) dalam menguraikan bahan organik dan meningkatkan kualitas nutrisi. MA-11 dirancang untuk mempercepat penguraian bahan organik (dekomposisi) dan fermentasi kegunaan utamanya meliputi: Pengolahan Pakan Ternak (Silase/Fermentasi): Digunakan untuk mengolah limbah pertanian berserat tinggi (seperti tongkol jagung, jerami, atau kulit singkong) menjadi pakan ternak yang lebih mudah dicerna. Mikroba didalamnya berkerja menurunkan kadar serat dan meningkatkan protein kasar dan pencernaan. Pembuatan Kompos/bokashi: Mempercepat proses penguraian limbah menjadi pupuk organik dalam waktu yang sangat singkat (beberapa hari). Perbaikan Tanah: Digunakan untuk memulihkan kesehatan tanah, memperbaiki struktur, dan meningkatkan penyerapan nutrisi. Berdasarkan literatur, MA-11 sering dikategorikan sebagai super decomposer karena kombinasi mikroba yang spesifik: Bakteri Selulolitik :Berasal dari rumen sapi. Berfungsi memecah ikatan lignoselulosa menjadi glukosa sederhana. Bakteri Proteolitik:menguraikan protein menjadi asam amino untuk nutrisi tanaman. Bakteri Rhizobium sp : Menambat nitrogen bebas dari udara untuk memperkaya kandungan hara pada hasil dekomposisi. Sumber: Widiasmadi, N. (2019).

Molase

Molase, atau dikenal di Indonesia sebagai Tetes Tebu, adalah produk sampingan (limbah) industri gula yang berbentuk cairan kental, lengket, berwarna coklat gelap hingga hitam, dan memiliki rasa manis yang khas. Molase merupakan media fermentasi yang baik karena masih mengandung gula 48% hingga 58% yang berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroba asam laktat (Migo et al.1993).

3. METODE PENELITIAN**Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di Jalan Tani Asli, Desa Tanjung Gusta, Kecamatan Medan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, pada bulan Mei 2026 sampai selesai.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Ember, Timbangan digital, silo(wadah), Sekop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Tongkol jagung giling, Ma-11, Moleses.

Metode Analisis

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental menggunakan Rancangan acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. P0 : tanpa penambahan Ma-11 P1 : 1% penambahan Ma-11 P2 : 3% penambahan Ma-11 P3 : 7% penambahan Ma-11. Parameter yang dilihat pada penelitian ini adalah serat kasar, aroma, tekstur pada fermentasi tongkol jagung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel.1 Rerata serat kasar tongkol jagung yang difermentasi menggunakan MA-11

Perlakuan (i)	U1	U2	U3	U4	Total (Yi)	Rata-rata (Yi.)
P0	32.25	32.50	33.13	33.05	130.93	32.7325
P1	23.66	24.57	23.49	23.67	95.39	23.8475
P2	23.15	20.94	23.38	25.32	92.79	23.1975
P3	24.44	24.22	24.50	24.51	97.67	24.4175
Total (Y.)					416.78	Rata-rata Umum (μ): 26.04875

Tabel 2. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	<i>F</i> _{hitung}	<i>F</i> _{tabel 5%}
Perlakuan	3	159.2132	53.0711	67.11	3.49
Galat	12	9.4904	0.7909		
Total	15	168.7036			

Serat Kasar

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi tongkol jagung menggunakan MA-11 berpengaruh sangat nyata ($P < 0,05$) terhadap penurunan serat kasar secara invitro, dengan nilai rerata serat kasar pada tongkol jagung yang tidak difermentasi (P0) sebesar 32,73%, rerata tongkol jagung yang difermentasi menggunakan molase dan MA-11 (P1) sebesar 23,85%, (P2) sebesar 23,20%, (P3) sebesar 24,42%.

Tekstur

Fermentasi tongkol jagung dengan menggunakan MA-11 menyebabkan perubahan pada karakteristik teksturnya selama proses fermentasi berlangsung. Tongkol jagung yang semula bertekstur padat mengalami pelunakan sehingga menjadi lebih lunak dan mudah diremas atau diuleni. Perubahan tekstur ini memiliki peran penting dalam meningkatkan

kecernaan pakan serta mempermudah konsumsi oleh ternak, khususnya ruminansia kecil. Aroma merupakan salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan fermentasi pakan. Pada seluruh perlakuan, aroma tongkol jagung mengalami perubahan menjadi aroma asam segar yang khas, menyerupai karakteristik fermentasi asam laktat. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses fermentasi yang melibatkan dominasi khamir dan bakteri asam laktat berlangsung dengan baik (Sari et al., 202; Prabowo & Sukaryani, 2025). Aroma asam yang dihasilkan tidak hanya menandakan keberhasilan fermentasi, tetapi juga berpotensi meningkatkan palatabilitas pakan sehingga dapat menarik ternak untuk mengonsumsinya dalam jumlah yang lebih baik.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fermentasi tongkol jagung menggunakan bioaktivator MA-11 selama 3 hari mampu mengubah karakteristik fisik, kimia, dan biologis bahan melalui proses perombakan komponen dinding sel. Berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh, terjadi perubahan kadar serat kasar pada setiap perlakuan, yaitu P0 (kontrol) sebesar 32,73%, P1 sebesar 23,85%, P2 sebesar 23,20%, dan P3 sebesar 24,42%. Kadar serat kasar tertinggi ditemukan pada perlakuan P0 (tanpa fermentasi), yaitu 32,73%. Tingginya kadar serat kasar pada perlakuan kontrol disebabkan oleh komponen struktural dinding sel, seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang masih utuh karena belum mengalami degradasi oleh aktivitas mikroba.

Sebaliknya, perlakuan fermentasi menggunakan MA-11 pada P1, P2, dan P3 menghasilkan penurunan kadar serat yang cukup signifikan, dengan kisaran nilai antara 23,20% hingga 24,42%. Penurunan tersebut diduga terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang terkandung dalam MA-11, yang memiliki kemampuan menambat nitrogen dan mendegradasi bahan organik secara efektif. Formulasi MA-11 mengandung berbagai mikroba yang bekerja secara sinergis dalam menguraikan senyawa organik kompleks serta

meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan. Mikroorganisme tersebut mampu melonggarkan ikatan lignoselulosa yang menyusun serat kasar sehingga substrat menjadi lebih mudah diuraikan oleh enzim pencernaan yang dihasilkan mikroba rumen selama proses inkubasi in vitro. Selain itu, mikroorganisme dalam larutan MA-11 juga berperan dalam proses hidrolisis serat kasar, sehingga kandungan serat kasar bahan fermentasi mengalami penurunan. Jika dibandingkan di antara ketiga perlakuan fermentasi yang diberikan, perlakuan P2 menunjukkan kadar serat kasar paling rendah, yaitu 23,20%, diikuti oleh P1 sebesar 23,85% dan P3 sebesar 24,42%. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi atau dosis pada perlakuan P2 merupakan perlakuan yang paling optimal dalam mendukung aktivitas

mikroba atau agen fermentasi untuk mendegradasi serat kasar secara lebih efektif. Perbedaan hasil antarperlakuan tersebut diduga berkaitan dengan variasi komposisi mikroorganisme inokulum, tingkat aktivitas enzim yang dihasilkan, serta kemampuan masing-masing perlakuan dalam menguraikan fraksi serat yang terdapat pada substrat tongkol jagung (Han et al., 2022; Zhao et al., 2019).

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) terhadap data serat kasar selama penelitian menunjukkan bahwa fermentasi tongkol jagung menggunakan MA-11 dengan penambahan molases memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap penurunan kadar serat kasar ($P < 0,05$). Penurunan tersebut diduga terjadi karena molases berperan sebagai sumber energi yang mudah tersedia bagi mikroorganisme fermentatif selama proses fermentasi. Ketersediaan energi yang cukup dari molases mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berasal dari MA-11, sehingga produksi enzim pendegradasi serat, seperti enzim selulase dan lignase, menjadi lebih optimal. Akibatnya, proses penguraian komponen serat pada tongkol jagung berlangsung lebih efektif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa fermentasi tongkol jagung (*Zea mays* L.) menggunakan MA-11 selama tiga hari efektif dalam menurunkan kadar serat kasar secara signifikan dibandingkan perlakuan kontrol (P0). Dari aspek optimalisasi bahan pakan, perlakuan P2 menunjukkan hasil terbaik karena mampu menghasilkan kadar serat kasar terendah, yaitu sebesar 23,20%. Temuan ini menunjukkan bahwa proses fermentasi tongkol jagung selama tiga hari sangat efektif diterapkan. Efektivitas tersebut didukung oleh kandungan berbagai mikroorganisme dalam MA-11 yang bekerja secara sinergis untuk menguraikan bahan organik serta meningkatkan kualitas nutrisi. Selain itu, MA-11 diformulasikan untuk mempercepat proses dekomposisi dan fermentasi bahan organik, sehingga mampu mempercepat pemecahan dinding sel dan menurunkan kandungan serat kasar secara lebih optimal. Untuk menyempurnakan penelitian ini pada masa mendatang, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengkaji rentang konsentrasi MA-11 yang lebih luas, khususnya di sekitar konsentrasi 3% (perlakuan P2) yang menunjukkan hasil terbaik dalam penelitian ini. Selain itu, perlu dilakukan pengujian dengan durasi fermentasi yang lebih panjang untuk mengeksplorasi potensi maksimal dalam menurunkan kadar serat kasar. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk mengaplikasikan hasil fermentasi secara langsung pada ternak guna mengevaluasi tingkat palatabilitas, konsumsi pakan, serta manfaatnya sebagai sumber nutrisi dalam ransum ternak.

DAFTAR REFERENSI

- AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Banu, S. C., Ginting, S. P., & Mirwandhono, E. (2020). Kualitas fisik dan kimia silase tongkol jagung dengan penambahan berbagai level molases. *Jurnal Peternakan Integratif*.
- Barnett, A. J. G. (1954). *Silage fermentation*. Academic Press.
<https://doi.org/10.1097/00010694-195407000-00022>
- Hasrizart, I., Nasution, A. S., Ginting, N., Kartika, K., & Juliana, J. (2023). Pemanfaatan tongkol jagung sebagai pakan ternak Koptan Rudang Mayang Desa Balai Kasih. *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, 3(1), 140–147. <https://doi.org/10.54123/deputi.v3i1.237>
- Hastuti, D., & Awami, S. N. (2011). Pengaruh perlakuan teknologi amofer (amoniasi fermentasi) pada limbah tongkol jagung sebagai alternatif pakan berkualitas ternak ruminansia. *Mediagro*, 7(1).
- Henneberg, W., & Stohmann, F. (1860). *Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer*. Schwetschke u. Sohn.
- Klau, R., Enawati, L. S., & Amalo, D. (2020). Efek substitusi jagung giling dengan tepung tongkol jagung hasil fermentasi khamir *Saccharomyces cerevisiae* dalam pakan konsentrat terhadap kandungan protein kasar, serat kasar dan lemak. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 2(1), 708–716.
- Rochiman, K. (2010). *Perancangan percobaan*.
- Rostini, T. (2022). Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik, kandungan protein dan serat kasar tongkol jagung. *Ziraa'ah: Majalah Ilmiah Pertanian*.
<https://doi.org/10.31602/zmip.v47i2.7302>
- Semaun, R., Novieta, I. D., & Abdullah, M. T. (2016). Analisis kandungan protein kasar dan serat kasar tongkol jagung sebagai pakan ternak alternatif dengan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Galung Tropika*, 5(2), 71–79.
<https://doi.org/10.31850/jgt.v5i2.164>
- Sjofjan, O. (2014). *Ilmu bahan pakan ternak*.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1993). *Prinsip dan prosedur statistika: Suatu pendekatan biometrik* (B. Sumantri, Trans.). Gramedia Pustaka Utama.
- Subekti, N. A., Syafruddin, R. E., & Sunarti, S. (2007). Morfologi tanaman dan fase pertumbuhan jagung. Dalam *Jagung: Teknik produksi dan pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sukaryani, S., Windyasmara, L., Sariri, A. K., & Purwati, C. S. (2025). Kualitas fisikokimia tumpi jagung terfermentasi MA-11 dan EM-4. *Ziraa'ah: Majalah Ilmiah Pertanian*, 50(3), 759–764. <https://doi.org/10.31602/zmip.v50i3.19924>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press.
<https://doi.org/10.7591/9781501732355>
- Widiasmadi, N. (2012). *Microbacter Alfaafa-11 (MA-11): Super dekomposer dari rumen sapi*. CV Plantamor.
- Thalib, A. (2004). Uji Efektivitas Mikroba Rumen Sapi sebagai Bioaktivator Pengomposan Limbah Pertanian. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*.