

The Difference Between Using MA-11 and EM-4 in Corn Slamper Fermentation to Increase Dry Matter and Organic Matter Digestibility

Risky Jati Prabowo¹ & Sri Sukaryani^{1*}

¹Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jalan Letjen Sudjono Humardani, Kampus No. 1, Gadingan, Jombor, Kec. Bendosari, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57521 Indonesia;

Article History

Received : May 05th, 2025

Revised : May 16th, 2025

Accepted : May 18th, 2025

*Corresponding Author: **Sri Sukaryani**, Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, Indonesia;
Email: srisukaryani@gmail.com

Abstract: This study intends to assess the impact of employing two types of bioactivators, namely MA-11 and EM-4, on the digestibility of dry matter (KcBK) and digestibility of organic matter (KcBO) in fermented corncobs. One potential solution to the limited availability of feed is the use of agricultural waste as animal feed, which includes corncob fermentation. The research was carried out using a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and four replications, namely T0 (control), T1 (2% MA-11), and T2 (2% EM-4). The fermentation process was carried out anaerobically for 7 days. The digestibility data were analyzed using ANOVA and continued with the Duncan test. The results showed that treatment T1 (MA-11) produced the highest digestibility value, namely KcBK of 66.37% and KcBO of 67.48%. Treatment T2 (EM-4) showed a KcBK of 64.83% and a KcBO of 64.18%, while the control (T0) had the lowest values, namely KcBK 61.46% and KcBO 61.76%. Although statistically there was no significant difference between treatments ($p > 0.05$), the increase in biological digestibility was significant. This increase is thought to be caused by the activity of lignocellulolytic and proteolytic microorganisms in MA-11, which are capable of breaking down fibers and complex organic compounds. It can be concluded that corncob fermentation using MA-11 is more effective than EM-4 in improving the nutritional quality and digestibility of feed ingredients. This technology can be an alternative to utilizing agricultural waste as an efficient feed source for ruminant livestock.

Keywords: Corn Slamper, EM-4, Fermentation, MA-11, , KcBK, KcBO.

Pendahuluan

Peningkatan produktivitas di sektor peternakan menjadi salah satu upaya strategis dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan, baik di tingkat nasional maupun global. Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah ketersediaan pakan yang berkualitas, baik dari segi jumlah maupun kandungan nutrisinya. Sebagai bagian dari ilmu peternakan, ilmu nutrisi ternak terus mengalami perkembangan, khususnya dalam hal efisiensi pemanfaatan sumber daya yang ada. Salah satu bentuk inovasi yang berkembang saat ini adalah penggunaan bahan

alternatif sebagai pakan ternak. Secara umum, pendekatan peternakan berkelanjutan mendorong pemanfaatan sumber daya lokal, termasuk limbah pertanian, sebagai solusi terhadap permasalahan keterbatasan pakan konvensional. Hal ini juga sejalan dengan konsep pertanian terpadu yang menggabungkan sektor tanaman pangan dan peternakan dengan prinsip zero waste, atau tanpa limbah (Wahyono and Hardianto, 2014).

Salah satu tantangan utama dalam penyediaan pakan adalah keterbatasan hijauan pada musim kering serta fluktuasi harga konsentrat. Dalam menghadapi kondisi tersebut, pemanfaatan limbah pertanian

sebagai bahan baku pakan menjadi semakin relevan. Limbah seperti jerami padi, tongkol jagung, dan tumpi jagung merupakan hasil samping pertanian yang tersedia dalam jumlah besar, namun belum dimanfaatkan secara optimal (Susilo, 2022). Khususnya tumpi jagung yaitu limbah hasil protolan jagung pipilan, memiliki potensi besar sebagai sumber energi bagi ternak karena kandungan bahan kering dan karbohidratnya yang cukup tinggi (Wulandari *et al.*, 2018).

Tumpi jagung mengandung berbagai macam zat gizi, antara lain 88,28% bahan kering, 8,04% protein kasar, 11,70% serat kasar, dan 51,16% total zat gizi tercerna (TDN) (Yahya *et al.*, 2023). Data Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan produksi jagung pada tahun 2018 mencapai 2.341.659 ton. Diperkirakan sekitar 2% dari total tersebut merupakan limbah tumpi dari tanaman jagung (Mastur *et al.*, 2022). Secara ilmiah, tumpi jagung memiliki kelemahan dari segi komposisi nutrisinya, terutama karena tingginya kandungan serat kasar sekitar 11,70% yang menyebabkan tingkat pencernaan rendah pada hewan ternak. Struktur fisik yang keras dan kasar juga menyebabkan bahan ini kurang disukai oleh ternak ruminansia. Dalam kondisi basah, tumpi jagung bersifat mudah mengapung dan membusuk, sedangkan dalam kondisi kering volumenya besar (bulky) dan sulit dicampurkan secara merata dalam pakan.

Cara mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu teknologi pengolahan yang mampu meningkatkan nilai gizi dan daya cerna bahan pakan sehingga layak untuk digunakan sebagai pakan alternatif. Salah satu pilihan yang saat ini tengah banyak diteliti dalam bidang teknologi pakan dan ilmu gizi adalah konservasi dan konversi limbah menjadi pakan berbasis bioteknologi (Yanuarianto *et al.*, 2023). Salah satu teknik bioteknologi yang paling populer untuk mengolah bahan pakan, khususnya limbah pertanian, adalah fermentasi. Teknik ini memecah bahan kimia kompleks, termasuk serat kasar, menjadi bahan kimia yang lebih sederhana dan lebih mudah dicerna oleh ternak dengan menggunakan mikroba anaerobik (Khoiri & Mu'alim, 2018).

Fermentasi juga diketahui dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, seperti

asam amino, asam organik, dan beberapa enzim yang mendukung proses pencernaan. Tidak hanya meningkatkan kualitas nutrisi, fermentasi juga membantu memperpanjang masa simpan bahan pakan, menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, serta menurunkan kadar senyawa antinutrisi yang biasanya terdapat pada bahan pakan berkualitas rendah (Prabowo, 2016). Penelitian ini, mikroba untuk proses fermentasi adalah Effective Microorganisms 4 (EM-4) dan Microbacter Alfaafa 11 (MA-11), yang masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri dalam menguraikan bahan organik (Pratiwi and Basri, 2020).

Fermentasi tumpi jagung dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan dua jenis mikroba, yaitu Effective Microorganisms 4 (EM-4) dan Microbacter Alfaafa 11 (MA-11). EM-4 merupakan campuran dari berbagai kultur mikroba, seperti *Lactobacillus*, bakteri fotosintetik, *Actinomyces*, khamir, dan jamur fermentasi. Meningkatkan kesehatan ternak, menurunkan tingkat stres, dan meningkatkan nafsu makan hanyalah beberapa keuntungan penggunaan EM-4 dalam fermentasi (Ponidi & Rizaly, 2023). Sebaliknya, Microbacter Alfaafa 11 (disingkat MA-11) merupakan formula mikroba yang diciptakan pada tahun 2011 oleh DR. Ir. H. Nugroho Widiastadi, M.Eng. Produk ini merupakan mikroba pengurai yang sangat aktif yang memecah berbagai senyawa organik dengan cepat dan anaerobik.

Bakteri *selulolitik*, *proteolitik*, dan *amilolitik* merupakan jenis bakteri unik yang ditemukan di MA-11 yang berasal dari rumen sapi (Iskandar *et al.*, 2022). Bakteri-bakteri ini berperan penting dalam proses pencernaan selulosa, sehingga produk hasil penguraiannya dapat dimanfaatkan oleh bakteri *Rhizobium* sp yang berfungsi mengikat nitrogen bebas di sekitarnya (Cahyono *et al.*, 2024). MA-11 juga berperan sebagai aktivator yang dapat dengan cepat menguraikan semua bahan organik dan meningkatkan kandungan nutrisi yang ada dalam bahan tersebut (Herlika *et al.*, 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan seberapa efektif EM-4 dan MA-11 dalam proses fermentasi tumpi jagung, khususnya dalam meningkatkan pencernaan bahan kering

dan bahan organik. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan pakan yang memanfaatkan limbah lokal secara optimal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi referensi dalam memilih mikroba fermentatif yang paling tepat dan efisien untuk digunakan. Pentingnya penelitian ini terletak pada peluang untuk mengembangkan sistem peternakan yang lebih hemat biaya, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, tanpa mengorbankan produktivitas dan kesehatan ternak..

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Penelitian bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian Univet Bantara Sukoharjo, dan berlangsung selama satu bulan pada bulan Maret 2025

Alat dan bahan

Peralatan yang dipakai meliputi: timbangan digital, mesin penghancur, ember, pengaduk, sprayer, termometer, kantong kedap udara, penutup wadah. Bahan terdiri dari: tumpi jagung, urea, molasses, MA-11, EM 4, Aquades.

Metode penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen kuantitatif untuk menganalisis tumpi jagung yang difermentasi dengan bioaktivator MA-11 dan EM4, serta ditambahkan urea dan molase. Desain penelitian mengadopsi Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola searah, yang melibatkan 3 perlakuan, masing-masing diulang sebanyak 8 kali. Berikut adalah rincian dari perlakuan tersebut:

1. T0: 250 gram tumpi jagung + 2 gram urea + 5 cc tetes
2. T1: 250 gram tumpi jagung + 2% MA-11 + 2 gram urea + 5 cc tetes
3. T2: 250 gram tumpi jagung + 2% EM-4 + 2 gram urea + 5 cc tetes

Jalannya Penelitian

Penelitian ini menggunakan tumpi jagung yang difermentasi dengan penambahan MA-11 dan EM-4 digunakan untuk meningkatkan kemampuan pencernaan bahan

kering (BK) dan bahan organik (BO). Prosedurnya meliputi:

1. Persiapan: Menyiapkan bahan utama (tumpi jagung), bahan tambahan (MA-11, EM-4, urea, molasses, air), serta alat fermentasi dan analisis laboratorium.
2. Pembuatan Media: Mencampur tumpi jagung dengan urea, molasses, dan air sesuai dosis perlakuan.
3. Analisis Sampel: Setelah fermentasi, sampel diuji di laboratorium untuk mengukur pencernaan BK dan BO.
4. Pengumpulan Data: Data yang dikumpulkan berupa persentase pencernaan BK dan BO dari tiap perlakuan.
5. Analisis Data: Menggunakan ANOVA untuk mengetahui perbedaan signifikan antara perlakuan.
6. Kesimpulan: Hasil dianalisis untuk menentukan efektivitas MA-11 dan EM-4 dalam meningkatkan pencernaan tumpi jagung, serta memberikan rekomendasi mikroorganisme terbaik.

Variabel yang Diamati

Percobaan ini mengikuti metode Tilley dan Terry (1963) untuk mengukur pencernaan bahan secara *in vitro*. Sebanyak 1 gram bahan dicampur dengan 100 ml saliva buatan McDougall (pH 6,5–6,9; suhu 39°C) dan 8 ml cairan rumen. Campuran diinkubasi selama 24 jam dalam kondisi anaerob menggunakan shaker bath. Setelah inkubasi, aktivitas mikroba dihentikan dengan 0,2 ml larutan HgCl₂ jenuh, lalu campuran disentrifugasi pada 10.000 rpm dilakukan selama 10 menit. Endapan yang terbentuk kemudian ditambahkan dengan pepsin 0,2% dalam kondisi asam dan diinkubasi selama 24 jam dalam suasana aerobik. Setelah itu, endapan disaring menggunakan kertas Whatman no. 41. Analisis dilakukan untuk mengukur kadar bahan kering dan bahan organik. Koefisien cerna dihitung dengan cara tertentu, membandingkan hasil perlakuan terhadap blanko cairan rumen (Harahap *et al.*, 2017)

Perhitungan :

1. **Kecernaan Bahan Kering (BK)**
Menghitung pencernaan bahan kering dengan rumus:

$$KcBK = \frac{BK\text{ Awal}(g) - (BK\text{ residu} - BK\text{ blanko})}{BK\text{ Awal}(g)} \times 100\%$$

2. Kecernaan Bahan Organik (BO)
 Menghitung kecernaan bahan organik dengan rumus:

$$KcBO = \frac{BO\text{ Awal}(g) - BO\text{ residu} - BO\text{ Blanko}}{BO\text{ Awal}(g)} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Kecernaan Bahan Kering

Tabel 1 menunjukkan rata-rata nilai kecernaan bahan kering (KcBK) pada masing-masing perlakuan tumpi jagung difermentasi dengan menggunakan MA-11 dan EM-4. Berdasarkan Uji variasi tumpi jagung menggunakan MA-11 sebesar 66,37% dan EM-4 sebesar 64,82% tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kecernaan bahan kering ($P > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi menggunakan MA-11 dan EM-4 belum mampu menunjukkan kecernaan bahan kering.

Tabel 1. Rata-Rata Hasil Analisis Terhadap Kecernaan Bahan Kering (KcBK).

Ulangan	Perlakuan		
	P0	P1	P2
1	58,83	68,90	67,72
2	55,77	69,71	65,13
3	57,68	72,07	61,17
4	53,33	68,13	64,57
5	64,70	62,82	60,03
6	65,79	64,64	69,51
7	67,84	61,65	64,59
8	67,75	63,07	65,88
Rerata	61,46	66,37	64,82

Namun, perlakuan P1 (tongkol jagung fermentasi menggunakan MA-11) menghasilkan nilai kecernaan bahan kering tertinggi (66,37%) dari segi penampakan. Hal ini disebabkan karena kandungan mikroba dalam MA-11 berasal dari rumen dan alfalfa (Rachmawati et al., 2024). Mikroorganisme dalam bioaktivator MA-11 lebih efektif memecah lignoselulosa dan zat kompleks lainnya dalam tongkol jagung dibandingkan EM-4 atau kontrol (Nastava et al., 2024). Mikroba dalam MA-11 seperti bakteri asam laktat dan jamur tertentu diketahui memiliki kemampuan

lignoselulolitik yang kuat, yang mempercepat proses fermentasi dan melunakkan struktur serat kasar. Hal ini mempermudah akses enzim pencernaan hewan terhadap nutrisi dalam bahan pakan.

Perlakuan P2 dengan menggunakan EM-4, meskipun tidak seefektif MA-11, tetap mampu meningkatkan Kecernaan Bahan Kering (KcBK) hingga 64,83%, sementara pada perlakuan kontrol hanya mencapai 61,46%. EM-4 mengandung mikroba seperti *Lactobacillus*, *Streptomyces*, dan ragi yang juga berperan dalam memperbaiki kualitas pakan, efek fermentasi EM-4 tetap mampu menurunkan kadar serat kasar, tetapi mungkin tidak memiliki kemampuan degradasi *lignoselulosa* seefisien MA-11, kemungkinan efektivitasnya lebih rendah dibanding strain-strain dalam MA-11 terhadap bahan dasar tumpi jagung yang berserat tinggi. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan bahwa fermentasi dengan penggunaan bioaktivator, terutama MA-11, memberikan manfaat dalam meningkatkan kecernaan bahan kering, yang berarti hewan ruminansia dapat menyerap lebih banyak nutrisi.

Nilai kecernaan terendah sebesar 61,46% ditunjukkan oleh kontrol (P0), yang berarti tanpa perlakuan fermentasi, struktur kasar tumpi jagung tetap utuh dan sulit dicerna oleh mikroba rumen. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pakan alternatif berbasis limbah pertanian.

Sejalan dengan penelitian (Wahyuni et al., 2014) mekanisme utama dari peningkatan kecernaan bahan kering akibat fermentasi dengan MA-11 adalah proses fermentasi melibatkan hidrolisis polisakarida dinding sel menjadi monosakarida, aktivitas enzim ligninase untuk memutus ikatan lignin, produksi enzim pencernaan sekunder oleh mikroba, serta penurunan pH akibat asam organik yang menghambat mikroba pembusuk dan meningkatkan kestabilan pakan.

Peningkatan kecernaan bahan kering secara langsung memberikan dampak positif terhadap efisiensi konversi pakan menjadi energi dan nutrisi bagi ternak (Prastyawan et al., 2012). Bahan pakan yang lebih mudah dicerna akan mempercepat proses pencernaan di dalam rumen, sehingga nutrisi dapat lebih cepat tersedia untuk dimanfaatkan. Selain itu, peningkatan kecernaan membantu mengurangi akumulasi residu serat yang sulit terfermentasi, yang dapat membebani sistem pencernaan. Hal ini

juga berkontribusi terhadap perbaikan keseimbangan populasi mikroba di rumen, menciptakan lingkungan yang lebih stabil dan mendukung proses fermentasi secara optimal. Dengan demikian, kebutuhan energi yang diperlukan untuk fermentasi dan metabolisme serat menjadi lebih rendah, sehingga efisiensi penggunaan pakan meningkat secara keseluruhan.

Kecernaan Bahan Organik

Hasil evaluasi nilai kecernaan bahan organik (KcBO) tumpi jagung hasil fermentasi dengan menggunakan dua jenis bioaktivator berbeda, yaitu MA-11 dan EM-4 (Tabel 2). Perlakuan P1 (menggunakan MA-11) memberikan nilai KCBO tertinggi yaitu 67,48%, diikuti oleh P2 (EM-4) sebesar 64,18%, dan kontrol (P0) sebesar 61,76%. Menurut hasil uji statistik, tidak ditemukan perbedaan yang berarti antara perlakuan ($p > 0,05$), namun secara biologis peningkatan ini menunjukkan adanya pengaruh fermentasi terhadap peningkatan kecernaan bahan organik tumpi jagung.

Tabel 2. Nilai Kecernaan Bahan Organik

Ulangan	Perlakuan		
	P0	P1	P2
1	57,99	69,37	67,05
2	55,27	69,58	67,11
3	58,47	71,12	61,39
4	53,83	68,32	60,27
5	64,43	65,36	60,41
6	68,49	60,55	69,53
7	67,23	64,46	62,09
8	68,38	71,10	65,58
Rerata	61,76	67,48	64,18

Secara visual ada kecenderungan peningkatan nilai KCBO sebesar +5,72% pada P1 dan +2,42% pada P2 dibandingkan kontrol menunjukkan bahwa fermentasi tumpi jagung dengan bioaktivator dapat memperbaiki struktur kimia bahan pakan, khususnya bagian organik seperti serat kasar dan protein kompleks (Rostini *et al.*, 2022). MA-11 merupakan bioaktivator yang mengandung mikroba spesifik, yaitu *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp., dan *Aspergillus* spp (Herlika *et al.*, 2020). Mikroba-mikroba ini dikenal mampu menghasilkan berbagai enzim hidrolitik yang berperan penting dalam proses fermentasi dan peningkatan kualitas pakan di antaranya adalah enzim selulase dan hemiselulase, yang berfungsi

memecah struktur serat kasar pada selulosa dan hemiselulosa, sehingga bahan pakan menjadi lebih mudah dicerna.

MA-11 juga menghasilkan enzim ligninase, yang berperan dalam menurunkan kandungan lignin senyawa anti-nutrisi yang melindungi dinding sel tanaman dari degradasi sehingga akses mikroba terhadap nutrisi di dalam sel tanaman menjadi lebih mudah (Sukaryani, 2019). Selain itu, MA-11 mengandung enzim amilase dan protease, yang membantu memecah dinding sel tanaman dan mengubah zat kimia kompleks seperti protein dan pati menjadi bentuk yang lebih sederhana yang dapat digunakan oleh mikroorganisme rumen. Oleh karena itu, MA-11 dapat meningkatkan nilai gizi pakan secara keseluruhan dan efisiensi fermentasi.

Proses fermentasi yang dipercepat oleh MA-11 membantu dalam melunakkan dinding sel lignoselulosa, meningkatkan aksesibilitas nutrisi, dan memperkaya fraksi organik yang tersedia. Hal ini juga selaras dengan pernyataan (Maranatha G Seran SOT, 2020) bahwa peningkatan kecernaan bahan organik erat kaitannya dengan aktivitas mikroba selama fermentasi yang memecah komponen serat struktural. Selain itu, menurut (Imam Munandar *et al.*, 2024) mikroba fermentatif seperti dalam MA-11 dapat memacu pertumbuhan bakteri rumen yang memanfaatkan hasil degradasi senyawa organik tersebut.

Sementara itu, EM-4 (perlakuan P2) juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan kecernaan bahan organik (KCBO), meskipun kontribusinya tidak sebesar MA-11. Hal ini mungkin karena jenis mikroba dalam EM-4, seperti *Lactobacillus* spp., lebih banyak memproduksi asam organik (laktat, asetat), yang lebih berperan dalam pengawetan dan penekanan mikroba pembusuk daripada perombakan lignoselulosa. Meskipun demikian, nilai KcBO yang meningkat pada EM-4 tetap menunjukkan bahwa fermentasi dengan bioaktivator ini dapat meningkatkan kualitas pakan

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan MA-11 dalam fermentasi tumpi jagung lebih efektif dalam meningkatkan kecernaan bahan organik dibandingkan EM-4. Secara praktis, peningkatan kecernaan bahan organik akan meningkatkan efisiensi penggunaan pakan oleh ternak ruminansia, karena lebih banyak fraksi organik yang dapat diserap dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan produksi (Nugroho *et al.*, 2021).

Kecernaan bahan organik merupakan bagian

penting dari total efisiensi penggunaan pakan. Pakan dengan nilai KcBO tinggi akan memberikan lebih banyak energi dan nutrisi yang dapat diserap, sehingga mendukung pertumbuhan dan produktivitas ternak secara optimal. Sebagian besar komponen dalam bahan kering adalah fraksi organik seperti serat, lemak, dan protein, maka daya cerna bahan organik dan bahan kering saling berhubungan erat, seperti yang dijelaskan Boangmanalu et al., (2016), tingginya kecernaan bahan organik dan bahan kering mencerminkan efisiensi penggunaan mikroba rumen dalam mengolah nutrisi dari pakan, dan dapat menurunkan fraksi pakan yang terbuang sebagai feses.

Menurut (Potassium *et al.*, 2014) penggunaan MA-11 terbukti efektif meningkatkan nilai kecernaan bahan organik (KcBO) pada tumpi jagung fermentasi, menjadikannya bioaktivator yang ideal untuk mengolah limbah pertanian menjadi pakan berkualitas tinggi. Pakan dengan KcBO tinggi dapat menurunkan rasio konversi pakan (FCR), meningkatkan penambahan bobot badan, serta mendukung peningkatan produksi ternak. Selain itu, teknologi fermentasi juga berkontribusi pada keberlanjutan peternakan dengan mengurangi ketergantungan terhadap pakan komersial dan menekan biaya produksi.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan fermentasi tumpi jagung dengan menggunakan bioaktivator MA-11 dan EM-4 memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kecernaan bahan kering (KcBK) dan kecernaan bahan organik (KcBO), meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Perlakuan dengan MA-11 memberikan hasil tertinggi pada nilai KcBK sebesar 66,37% dan KcBO sebesar 67,48%, dibandingkan perlakuan EM-4 dan kontrol, yang menunjukkan efektivitas lebih tinggi dari MA-11 dalam memperbaiki kualitas pakan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan mikroba dalam MA-11, seperti bakteri selulolitik dan proteolitik, yang mampu menguraikan lignoselulosa dan senyawa kompleks lainnya secara lebih efisien. Oleh karena itu, fermentasi tumpi jagung menggunakan MA-11 dapat direkomendasikan sebagai alternatif teknologi pengolahan limbah pertanian menjadi pakan berkualitas untuk meningkatkan efisiensi dan

produktivitas pada sistem peternakan ruminansia.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Fakultas Pertanian Universitas Bangun Nusantara Sukoharjo, khususnya kepada Laboratorium Mikrobiologi, yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan selama penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh tim laboratorium yang telah memberikan bantuan signifikan dalam proses fermentasi, pengumpulan data, dan analisis di laboratorium. Selain itu, penulis menghargai semua dukungan dari rekan-rekan mahasiswa Program Studi Peternakan yang turut membantu dalam aspek teknis penelitian. Penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik tanpa dukungan moral, bimbingan ilmiah, dan kerja sama dari berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Referensi

- Cahyono, T. D., Sukaryani, S., & Purwati, C. S. (2024). Kandungan Nutrisi Tumpi Jagung Fermentasi Ma-11 Dengan Lama Inkubasi Yang Berbeda. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, 12(2), 70–74. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2024.12.2.70-74>
- Harahap1, N., Mirwandhono2, E., & Nevy Diana Hanafi3. (2017). Uji Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik, Kadar NH_3 Dan Vfa Pada Pelempah Daun Sawit Terolah Pada Sapi Secara In Vitro. *PETERNAKAN*, 01. <https://doi.org/https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/54780>
- Imam Munandar, Rezki Amalyadi, Husni Husni, & Ning Ayu Dwitya. (2024). Substitusi MOL sebagai Biostarter EM4 terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi Pakan Fermentasi Limbah Bongkol dan Tumpi Jagung di Kabupaten Sumbawa. *JURNAL TRITON*, 15(2), 280–286. <https://doi.org/10.47687/jt.v15i2.725>
- Iskandar, M. J., Ningsih, D. H., Prasetyowati, R. E., & Ahmadi, R. (2022). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Dengan Dekomposer *Microbacter Alfaafa-11* (Ma-11) Di Desa Gapuk Kecamatan Suralaga.

- Journal of Agri Rinjani: Social Agricultural Economics - Faculty of Agriculture, UGR*, 2(1), 30–37. <https://doi.org/10.53952/jar.v2i1.88>
- Khoiri, S., & Mu'alim, M. (2018). Fermentasi Limbah Jagung dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Jagung Ungu Introduksi di Madura. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 11(2), 96–100. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v11i2.5024>
- Maranatha G Seran SOT, O. G. (2020). Effect of long corn cob fermentation process using EM4 on changes in dried containers, organic materials and crude proteins). *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 2(3), 1015–1021. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/346528409_Effect_of_long_corn_cob_fermentation_process_using_EM4_on_changes_in_dried_containers_organic_materials_and_crude_proteins
- Mastur, M., Yanuarianto, O., Supriadin, D., Saedi, R., Sutaryono, Y. A., & Sukarne, S. (2022). The Potential of Corn Waste (zea mays L.) as Ruminants Feed in Bolo District, Bima Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 668–674. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3682>
- Nastava, D. M., Sukaryani, S., & Purwati, C. S. (2024). In Vitro Digestibility Value of MA-11 Fermented Organic Materials of Organic Cassava Peel as Animal. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 969–973. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7535>
- Nugroho, A. P., Rimbawanto, E. A., Bambang, H., & Ifani, M. (2021). Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik Leguminosa Pohon Sebagai Sumber Protein Pakan Ruminansia Secara In Vitro. *JITRO (Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis)*, 8(2), 162–167. <https://doi.org/10.33772/jitro.v8i2.12642>
- Ponidi, P., & Rizaly, A. (2023). Pengembangan Mikroba Em4 Untuk Fermentasi Pupuk Organik Di Desa Carang Wulung Wonosalam. *Jurnal Kreativitas dan Inovasi (Jurnal Kreanova)*, 3(2), 76–80. <https://doi.org/10.24034/kreanova.v3i2.5547>
- Potassium, P. D. A. N., Dry, T., Digestibility, M., Organic, T., Digestibility, M., & Vitro, I. (2014). *Perhitungan Kadar Air*. 3(2), 353–361. <https://doi.org/https://media.neliti.com/media/publications/186312-ID-none.pdf>
- PPrastyawan, R. M., Tampoebolon, B. I. M., & Surono. (2012). Peningkatan Kualitas Tongkol Jagung Melalui Teknologi Amoniasi Fermentasi (Amofer) Terhadap Kecernaan Bahan Kering Dan Bahan Organik Serta Protein Total Secara In Vitro [Quality Improvement of Corn Cob by Ammoniation-Fermentation on Dry Matter and Organic. *Animal Agriculture Journal*, 1(1), 611–621. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/aaj>
- Prabowo, A. (2016). Penggunaan Teknologi Fermentasi Pakan dalam Sistem Integrasi Sapi-Tanaman Jagung. *Jurnal Triton*, 7(2), 2085–3823. <https://doi.org/https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/17545>
- Pratiwi, H., & Basri, H. (2020). Evaluasi nutrisi tumpi jagung yang di fermentasi dengan berbagai macam bioaktifator. *Jurnal Faperta Uniki*, 1(1), 17–22. https://doi.org/https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=5zo4hHIAAAAJ&citation_for_view=5zo4hHIAAAAJ:EUQCXRtRnyEC
- Rachmawati, E. N., Sukaryani, S., & Purwati, C. S. (2024). Kecernaan Protein Kasar Dan Serat Kasar Kulit Singkong Terfermentasi Ma-11. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, 12(2), 58–63. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2024.12.2.58-63>
- Rahmayanti Boangmanalu, Tri Hesti Wahyuni, & Sayed Umar. (2016). Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik Dan Protein Kasar Ransum Yang Mengandung Tepung Limbah Ikan Gabus Pasir (Butis Amboinensis) Sebagai Substitusi Tepung Ikan Pada Broiler. *Jurnal Peternakan Integratif*, 4(3), 329–340. <https://doi.org/10.32734/jpi.v4i3.2809>
- Rostini, T., Jaelani, A., & Ali, M. (2022). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik, Kandungan Protein Dan Serat Kasar Tongkol Jagung. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(2), 257. <https://doi.org/10.31602/zmip.v47i2.7302>
- Saleh Rismeita Herlika, Carolina Diana Mual, &

- Elwin. (2020). Pengaruh Formula Pupuk Organik Padat Berbasis Microbacter Alfaafa – 11 (MA-11) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Di Kampung Prafi Mulya Distrik Prafi Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 1(1), 204–213. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v1i1.139>
- Sukaryani, S. (2019). Kajian Kandungan lignin dan Selulosa Jerami Padi Fermentasi. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(2), 160. <https://doi.org/10.32585/ags.v2i2.267>
- Susilo, A. (2022). Pemanfaatan Limbah Pertanian & Pegawetan Bahan Pakan. *Prosiding*. <https://doi.org/https://repository.ut.ac.id/8048/1/435-449%20Adhi%20Susilo.pdf>
- Wahyono, D. E., & Hardianto, R. (2004). Pemanfaatan Sumberdaya Pakan Lokal untuk Pengembangan Usaha Sapi Potong. *Prosiding Lokakarya Nasional Sapi Potong*, 66–76. https://doi.org/https://www.academia.edu/9356932/Pemanfaatan_Sumberdaya_Pakan_Lokal_Untuk_Pengembangan_Usaha_Sapi_Potong_Utilization_of_Local_Feed_R
- esources_to_Develop_Beef_Cattle
- Wahyuni, I. M. D., Muktiani, A., & Christiyanto, M. (2014). Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik dan Degradabilitas Serat pada Pakan yang Disuplementasi Tanin dan Saponin. *Jurnal Agripet*, 14(2), 115–124. <https://doi.org/10.17969/agripet.v14i2.1886>
- Wulandari, S., Subagja, H., & Mutmainnah, S. (2018). Pemanfaatan Tumpi Jagung Fermentasi pada Penggemukan Domba Jantan Ekor Gemuk. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 17(3), 132–138. <https://doi.org/10.25047/jii.v17i3.556>
- Yahya, R., Irwan, M., & M, A. (2023). Pengaruh Lama Fermentasi Tumpi Jagung Menggunakan Yakult Sebagai Alternatif Pengolahan Pakan Ternak Ruminansia. *Jurnal Peternakan Lokal*, 5(2), 30–39. <https://doi.org/10.46918/peternakan.v5i2.1876>
- Yanuarianto, O., Supriadin, D., Saidi, M. R., Putra, R. A., & Burhan, B. (2023). Pemanfaatan Fermentasi Tumpi Jagung Sebagai Alternatif Ketersediaan Pakan Ternak di Desa Keli Kecamatan Woha. *Jurnal Gema Ngabdi*, 5(1), 123–127. <https://doi.org/10.29303/jgn.v5i1.324>