

# Pengaruh Fermentasi Kulit Singkong sebagai Alternatif Pakan Ruminansia terhadap Kadar Sianida dan Parameter Fermentasi *In Vitro*

(The effect of cassava peel fermentation as an alternative feed stuff for ruminant on cyanide content and *in vitro* fermentation parameters)

Firman Nasiu<sup>1\*</sup>, Astriana Napirah<sup>1</sup>, Widhi Kurniawan<sup>1</sup>, Meygi Caesarika Putri Ilahude<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo

\*Corresponding author: firman.nasiu@uho.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh fermentasi kulit singkong menggunakan inokulum *Aspergillus niger*, EM4, dan campuran *A. niger* dan EM4 terhadap kadar sianida dan parameter fermentasi *in vitro*. Kulit singkong dikeringkan, digiling, lalu difermentasi selama 21 hari dengan tiga perlakuan fermentasi dan satu perlakuan kontrol tanpa fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi berpengaruh sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap seluruh parameter yang diamati. Kadar sianida tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol yaitu 42,06 ppm dan menurun signifikan pada fermentasi *A. niger* yaitu 28,17 ppm, EM4 26,53 ppm, serta campuran inokulum 23,33 ppm. Nilai pH juga menurun secara signifikan seiring dengan perlakuan fermentasi, dengan pH terendah pada kombinasi *A. niger* dan EM4 namun masih dalam kisaran yang normal untuk aktivitas mikrobial rumen secara optimal. Kadar  $\text{NH}_3$  meningkat nyata dari 5,76 mM pada perlakuan kontrol menjadi 10,53 mM pada perlakuan kombinasi inokulum. Produksi total VFA juga meningkat dari 75,73 mM pada kontrol menjadi 143,18 mM pada kombinasi inokulum, mengindikasikan aktivitas fermentasi mikrobial rumen yang lebih tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa fermentasi kulit singkong menggunakan kombinasi *A. niger* dan EM4 merupakan inokulum yang paling efektif menurunkan kadar sianida sekaligus meningkatkan parameter fermentasi rumen.

**Kata kunci:** Kulit singkong, *Aspergillus niger*, EM4, sianida

**Abstract.** This study aimed to evaluate the effect of cassava peel fermentation using *Aspergillus niger*, EM4, and their combination on cyanide content and *in vitro* fermentation parameters. Cassava peels were dried, ground, and fermented for 21 days with three fermentation treatments and one control treatment. The results showed that fermentation had a highly significant effect ( $P < 0.01$ ) on all measured parameters. The highest cyanide content was found in the control treatment, at 42.06 ppm, which decreased significantly in *A. niger* to 28.17 ppm, in EM4 to 26.53 ppm, and in the mixed inoculum to 23.33 ppm. The pH value gradually reduced during fermentation, with the lowest value observed in the *A. niger* and EM4 treatments, at 6.72, which was still within the normal range for optimal rumen microbial activity. The  $\text{NH}_3$  concentration increased markedly from 5.76 mM in the control treatment to 10.53 mM in the mixed inoculum treatment, indicating enhanced protein degradation. Total VFA production also increased from 75.73 mM in the control treatment to 143.18 mM in the mixed inoculum treatment, suggesting a higher microbial fermentation activity. It can be concluded that cassava peel fermentation using a combination of *A. niger* and EM4 is the most effective method for reducing cyanide content and improving rumen fermentation parameters.

**Keywords:** Cassava peel, *Aspergillus niger*, EM4, Cyanide

## 1. Pendahuluan

Pemanfaatan kulit singkong sebagai pakan alternatif untuk ternak ruminansia sedang berkembang di kalangan peternak di Sulawesi Tenggara. Kulit singkong dihasilkan dari proses pembuatan tape singkong yang merupakan salah satu produk olahan singkong yang cukup digemari oleh masyarakat. Hasil ikutan singkong ini biasanya melimpah dan diberikan kepada ternak dalam

keadaan segar sebagai alternatif sumber energi. Selain sebagai sumber energi, kulit singkong masih mengandung beberapa zat gizi yang bermanfaat seperti protein, lemak, dan mineral [1]. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kulit singkong dalam ransum ternak hewan ruminansia dapat meningkatkan performans ternak ruminansia [2]. Pemanfaatan kulit singkong dalam ransum sebagai pakan tambahan biasanya dicampur dengan bahan pakan lain seperti dedak, ampas tahu, dan ampas tempe. Namun, selain nutrisi yang bermanfaat bagi ternak, kulit singkong juga mempunyai zat antinutrisi berupa sianida.

Zat sianida merupakan senyawa antinutrisi yang dapat menyebabkan terganggunya kesehatan ternak bila dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan [3, 4]. Pengaruh lanjut dari racun sianida adalah terganggunya proses produksi energi dalam tubuh yang berdampak pada terhambatnya pertumbuhan jaringan karena keterbatasan suplai energi [5]. Selain itu, sianida juga diketahui dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme rumen yang pada akhirnya dapat mengganggu pertumbuhan ternak [4]. Kadar sianida sampai dengan 4 ppm per kg berat badan dapat berbahaya bagi hewan ruminansia [4]. Mengingat pengaruh negatif yang dapat ditimbulkan oleh sianida, maka perlu dilakukan upaya untuk menurunkan kandungan sianida sebelum diberikan pada ternak, salah satunya yaitu dengan melakukan fermentasi kulit singkong [6]. Selain dapat menurunkan kadar sianida, perlakuan fermentasi kulit singkong diharapkan juga dapat meningkatkan nilai nutrisi kulit singkong terutama protein [7, 8]. Namun, sejauh mana pengaruh kulit singkong fermentasi terhadap aktivitas mikroorganisme rumen masih menampilkan hasil yang bervariasi. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kulit singkong fermentasi terhadap kadar sianida dan parameter fermentasi secara *in vitro* yaitu pH serta kadar amonia dan VFA cairan rumen fermentasi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini didisain berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 16 unit percobaan. Perlakuan yang diberikan terdiri dari: kontrol (tepung kulit singkong tanpa fermentasi), *A.niger* (fermentasi tepung kulit singkong menggunakan *A.niger*), *EM4* (fermentasi tepung kulit singkong menggunakan *EM4*), dan *A.niger+EM4P3* (fermentasi tepung kulit singkong menggunakan campuran *A. niger* dan *EM4*)

Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 tahap. Tahap pertama dan kedua penelitian ini berupa proses pembuatan dan fermentasi tepung kulit singkong dilakukan di Laboratorium Unit Pabrikasi Pakan Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo. Tahap ketiga berupa analisis *in vitro* dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, IPB University, Bogor. Tahapan penelitian secara rinci adalah sebagai berikut:

- a. Tahap pertama dari penelitian ini adalah pembuatan tepung kulit singkong. Kulit singkong yang diperoleh dari rumah-rumah pembuat tape singkong dibersihkan dari tanah yang masih menempel dan selanjutnya dijemur sampai kering dengan kadar air 10%. Selanjutnya, kulit singkong digiling menjadi tepung kulit singkong [8].
- b. Tahap kedua adalah fermentasi tepung kulit singkong menggunakan *EM-4* dan *Aspergillus niger*. Pada fermentasi dengan *EM-4*, kulit singkong dicampur dengan larutan *EM-4* yang sudah diaktifasi [9, 10]. Aktivasi *EM-4* dilakukan dengan mencampur larutan *EM-4*, pelarut air, dan gula pasir dengan komposisi 25 ml: 2500 ml: 250 gram [9]. Larutan tersebut kemudian diinkubasi tertutup selama 24 jam sebelum digunakan [10]. Selanjutnya, tepung singkong dan *EM-4* dicampur dengan perbandingan 1000 gram tepung kulit singkong dan 1000 ml larutan *EM-4* yang selanjutnya dimasukkan ke dalam toples kaca untuk proses fermentasi selama 21 hari [11]. Untuk fermentasi menggunakan *Aspergillus niger*, 1% produk komersil spora *Aspergillus niger* dicampur dengan tepung kulit singkong [11]. Campuran tersebut kemudian ditempatkan di dalam toples untuk proses fermentasi selama 21 hari. Pada percobaan fermentasi kulit singkong menggunakan campuran *EM-4* dan *Aspergillus niger* sebagai fermentor, tepung kulit singkong dicampur dengan 1% produk komersil spora *A. niger* dan *EM-4* yang sudah diaktifasi. Campuran ketiga bahan tersebut selanjutnya disimpan di dalam

- toples kaca untuk proses fermentasi selama 21 hari. Selanjutnya tepung kulit singkong fermentasi dikeluarkan dan diangin-anginkan sebelum dianalisis untuk parameter fermentasi.
- Analisis kadar sianida dilakukan berdasarkan standar metode Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan IPB University. Prinsip metode yang digunakan adalah sianida dalam sampel diubah menjadi sianogen chloride (CNCl) karena bereaksi dengan chloraminT yang pada pH kurang dari 8 terhidrolisa menjadi sianat. Setelah bereaksi secara sempurna, CNCl membentuk warna merah biru dengan asam barbiturat dalam piridin dan warna yang terjadi dibaca pada  $\lambda$  578 nm.
  - Analisis parameter fermentasi *in vitro* dilakukan berdasarkan metode Tiley and Terry (1963) [12] yang meliputi analisis kadar pH, VFA, dan  $\text{NH}_3$ .
- Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of variace* (ANOVA) dan karena perlakuan menunjukan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dari program SAS.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian berupa kadar sianida dan parameter fermentasi *in vitro* tepung kulit singkong disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kadar sianida dan parameter fermentasi *In Vitro* tepung kulit singkong

| Parameter          | Perlakuan               |                          |                          |                          |
|--------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                    | Control                 | <i>A. niger</i>          | <i>EM-4</i>              | <i>A.niger+EM-4</i>      |
| Sianida (HCN), ppm | 42,06±1,11 <sup>a</sup> | 28,17±2,00 <sup>b</sup>  | 26,53±0,82 <sup>c</sup>  | 23,33±0,49 <sup>d</sup>  |
| pH                 | 6,97±0,01 <sup>d</sup>  | 6,86±0,01 <sup>c</sup>   | 6,79±0,01 <sup>b</sup>   | 6,72±0,01 <sup>a</sup>   |
| $\text{NH}_3$ , mM | 5,76±0,31 <sup>a</sup>  | 6,57±0,87 <sup>a</sup>   | 7,95±0,55 <sup>b</sup>   | 10,53±0,65 <sup>c</sup>  |
| VFA, mM            | 75,73±2,26 <sup>a</sup> | 101,28±6,29 <sup>b</sup> | 120,87±6,72 <sup>c</sup> | 143,18±7,72 <sup>d</sup> |

Keterangan: <sup>a, b, c, d</sup> superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ( $P < 0,01$ )

#### 3.1. Kadar Sianida (HCN)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar sianida tepung kulit singkong (Tabel 1). Kadar sianida hasil penelitian berkisar antara 23,33 sampai 42,06 ppm dan cenderung menurun seiring dengan perbedaan inokulum yang digunakan selama proses fermentasi. Kadar sianida yang dapat berakibat fatal pada hewan ruminansia adalah 4 ppm per kg berat badan [4] sehingga dapat dikatakan bahwa kadar sianida yang diperoleh dari hasil penelitian ini dalam taraf aman bagi hewan ruminansia. Kadar sianida kulit singkong pada perlakuan kontrol jauh lebih rendah dibandingkan kadar sianida pada penelitian terdahulu yaitu 150-360 ppm [13, 14, 15] yang dapat disebabkan karena kulit singkong yang digunakan adalah kulit singkong yang segar. Kulit singkong yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit singkong yang telah dicuci dan dijemur sehingga dapat menurunkan kandungan sianida secara drastis [14].

Fermentasi menggunakan *Aspergillus niger* menurunkan kadar sianida secara signifikan menjadi 28,17 ppm dibandingkan kontrol. *A. niger* diketahui memiliki enzim linamarase dan  $\beta$ -glukosidase yang mampu menghidrolisis glukosida sianogenik menjadi gula sederhana, aseton, dan sianida yang mudah menguap selama proses fermentasi [16]. Fermentasi kulit singkong menggunakan *EM4* menghasilkan kadar sianida yang lebih rendah daripada perlakuan *A. niger* yaitu 26,53 ppm. Mikroorganisme dalam *EM4* terutama *Lactobacillus sp.* dan *Saccharomyces sp.* [17], berperan dalam degradasi senyawa sianida melalui aktivitas enzimatik dan fermentasi asam laktat [16, 18]. Proses fermentasi ini menurunkan pH substrat sehingga mempercepat dekomposisi senyawa sianogenik dan meningkatkan penguapan sianida [19]. Penurunan kadar sianida tertinggi diperoleh pada kombinasi *A. niger* dan *EM4* dengan kadar sianida hanya 23,33 ppm. Hal ini menunjukkan adanya sinergi antara aktivitas jamur dan bakteri fermentatif dimana *A. niger* lebih efektif membuka struktur kompleks

selulosa dan hemiselulosa kulit singkong [20], sementara mikroba dalam EM4 mempercepat degradasi dan konversi senyawa toksik yang dilepaskan [16]. Kombinasi ini memperluas jenis enzim yang terlibat yaitu selulase, amilase, linamarase, dan  $\beta$ -glukosidase, sehingga proses biodegradasi senyawa sianida menjadi lebih efisien.

### 3.2. pH

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kulit singkong yang difermentasi menggunakan campuran *A. niger* dan EM-4 memiliki nilai pH yang lebih rendah yaitu 6,72 dibandingkan dengan ketiga perlakuan lainnya. Nilai pH yang lebih rendah tersebut dapat menguntungkan mikroorganisme rumen terutama pencerna serat kasar yang beraktivitas secara optimum pada pH 6,2-6,7 [21, 22]. Sementara itu, perlakuan fermentasi menggunakan EM-4 menghasilkan nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan *A. niger* dan kontrol masing-masing 6,79, 6,86 dan 6,97. Nilai pH yang diperoleh dari hasil penelitian ini masih berada dalam kisaran normal nilai pH dalam suatu percobaan in vitro yaitu 6,44-6,9 [23, 24, 25]. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses fermentasi tepung kulit singkong dapat membantu menurunkan kadar sianida serta tidak mengganggu aktivitas mikroba rumen selama proses fermentasi.

Rendahnya nilai pH pada perlakuan EM4 dibandingkan *A. niger* dapat disebabkan oleh proses degradasi sianida dan nutrisi yang lebih efektif yang dilakukan oleh campuran mikroorganisme yang terkandung di dalam EM4. Mikroorganisme EM4 terutama *Lactobacillus sp.* dan *Saccharomyces sp.* [17], memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa sianida melalui aktivitas enzimatis dan fermentasi asam laktat [16, 18] sehingga meningkatkan konsentrasi asam organik dalam cairan rumen dan menurunkan nilai pH. Sementara itu, nilai pH yang lebih rendah pada perlakuan campuran *A. niger* dan EM-4 dibandingkan perlakuan EM4 menunjukkan bahwa campuran *A. niger* dan mikroorganisme yang terkandung dalam EM-4 lebih efektif dalam menurunkan kadar sianida yang terkandung dalam tepung kulit singkong sehingga mengurangi pengaruh negatif sianida terhadap aktivitas mikroorganisme rumen. *A. niger* diketahui memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa sianida melalui produksi enzim  $\beta$ -glukosidase dan linamarase [6, 16]. *A. niger* juga memiliki kemampuan merombak serat kasar yang sulit dicerna oleh mikroorganisme lain serta meningkatkan kandungan protein kulit singkong [26, 27]. Penurunan kadar sianida dapat mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme rumen dalam menghasilkan asam-asam organik, terutama asetat, propionat, butirat, dan laktat [23]. Konsentrasi asam organik yang semakin tinggi dapat menurunkan pH di dalam cairan rumen [28].

### 3.3. Kadar Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar amonia pada uji in vitro tepung kulit singkong berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) antar perlakuan fermentasi, berkisar antara 5,76 – 10,53 mM. Perlakuan kontrol memiliki kadar amonia terendah yang mengindikasikan terbatasnya degradasi protein pada perlakuan tepung kulit singkong tanpa fermentasi [29]. Hal tersebut dapat disebabkan karena kulit singkong memiliki kadar protein yang rendah [30] sehingga ketersediaan amonia dari proses deaminasi protein juga terbatas. Selain itu, rendahnya kadar amonia pada perlakuan kontrol dibandingkan dengan perlakuan lainnya dapat disebabkan karena masih terikatnya molekul protein pada ikatan lignoselulosa sehingga menurunkan tingkat pencernaan protein selama proses fermentasi. Kadar amonia yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian sebelumnya tentang kulit singkong yang melaporkan produksi amonia dalam cairan rumen in vitro yaitu 4,64 – 6,62 mM [31]. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena perbedaan substrat yang digunakan sehingga menghasilkan kadar amonia yang berbeda. Kadar amonia yang diperlukan untuk aktivitas mikroba rumen yang optimal berkisar 2,94-11,39 mM [29].

Pada perlakuan fermentasi menggunakan *A. niger*, rata-rata kadar amonia yang dihasilkan adalah 6,57 mM, tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Hal tersebut menunjukkan bahwa fermentasi tepung kulit singkong menggunakan *A. niger* belum dapat meningkatkan ketersediaan protein dalam cairan rumen sehingga substrat yang dibutuhkan oleh mikroba rumen untuk proses deaminasi juga tidak menjadi lebih tinggi [32]. *A. niger* merupakan jamur yang memiliki kemampuan

untuk memecah ikatan lignoselulosa dalam molekul karbohidrat [20] sehingga dapat membebaskan senyawa lain yang terikat seperti protein.

Perlakuan fermentasi dengan EM4 menghasilkan kadar amonia 7,95 mM, lebih tinggi daripada perlakuan kontrol dan *A. niger*. Hal tersebut dapat disebabkan karena campuran mikroorganisme yang terkandung di dalam EM4 yaitu *Lactobacillus sp.*, *Saccharomices sp.*, dan *Actinomyces*, berperan aktif dalam proses fermentasi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan nitrogen [17]. Sementara itu, campuran *A.niger* dan EM-4 menghasilkan kadar amonia yang lebih tinggi yaitu 10,53 mM dibandingkan tiga perlakuan lainnya. Tingginya kadar amonia pada perlakuan kombinasi *A. niger* dan EM-4 tersebut dapat disebabkan kemampuan *A.niger* dan mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 untuk mendegradasi ikatan lignoselulosa [20, 33, 34]. Ikatan lignoselulosa yang telah terdegradasi tersebut selanjutnya dapat membebaskan senyawa lain yang terikat seperti protein. Dengan demikian, mikroba rumen memiliki substrat yang lebih tersedia untuk proses deaminasi menghasilkan ammonia [29, 32].

### 3.4. Kadar Volatile Fatty Acid (VFA)

Produksi VFA merupakan indikator utama aktivitas fermentasi mikroba dalam sistem rumen. VFA dihasilkan melalui fermentasi karbohidrat oleh mikroba rumen dan berfungsi sebagai sumber energi utama bagi ternak ruminansia, dengan tiga jenis VFA terpenting yaitu asam asetat, propionat, dan butirrat [35]. Kadar total VFA yang dihasilkan menggambarkan intensitas aktivitas mikroba dalam melakukan fermentasi terhadap substrat bahan organik yang tersedia [36, 37]. Hasil penelitian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa produksi total VFA tepung kulit singkong menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ ) antar perlakuan fermentasi. Nilai VFA berkisar antara 75,73 hingga 143,18 mM, yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar VFA yang diproduksi maka tingkat fermentasi substrat oleh mikrobia rumen juga semakin tinggi. Perlakuan kontrol menunjukkan nilai VFA terendah yaitu 75,73 mM yang berarti bahwa aktivitas fermentasi mikrobia rumen terhadap kulit singkong tanpa fermentasi masih rendah. Hal ini dapat berkaitan dengan tingginya serat kasar dan kandungan lignoselulosa pada kulit singkong, yang menghambat pemanfaatan karbohidrat oleh mikroba rumen [20]. Akibatnya produksi VFA sebagai hasil akhir fermentasi karbohidrat juga rendah [36].

Fermentasi menggunakan *A. niger* meningkatkan produksi VFA menjadi 101,28 mM, berbeda nyata dari kontrol. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan *A. niger* menghasilkan enzim selulase, hemiselulase, dan amilase yang dapat menghidrolisis komponen serat kompleks menjadi gula sederhana, yang selanjutnya dijadikan substrat oleh mikroba rumen untuk meningkatkan pembentukan VFA. Produksi VFA yang meningkat menyebabkan meningkatnya kadar asam organik sehingga dapat menurunkan nilai pH di dalam cairan rumen [25]. Perlakuan EM4 menghasilkan kadar VFA yang lebih tinggi (120,87 mM) dibanding *A.niger* tunggal. EM4 mengandung campuran mikroorganisme seperti *Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, dan *Actinomyces* yang mampu mempercepat fermentasi karbohidrat [17] yang pada akhirnya meningkatkan ketersediaan substrat untuk pembentukan VFA.

Perlakuan kombinasi *A. niger* dan EM4 memberikan hasil tertinggi yaitu 143,18 mM, berbeda nyata dibandingkan ketiga perlakuan lainnya. Kombinasi ini menunjukkan adanya interaksi antara jamur dan bakteri fermentatif yang mampu memecah komponen kompleks kulit singkong secara lebih efisien. *A. niger* berperan dalam dekomposisi serat struktural [26, 27], sedangkan mikroba dalam EM4 mempercepat fermentasi gula hasil degradasi tersebut [17]. Kadar total VFA yang diperoleh dari hasil penelitian ini sedikit lebih tinggi daripada kadar normal VFA yang dihasilkan oleh ternak ruminansia sekitar 114-136 mM [23]. Hal tersebut mengindikasikan bahwa fermentasi tepung kulit singkong menggunakan campuran inokulum *A.niger* dan EM4 lebih efektif dalam meningkatkan kecernaan nutrisi dibandingkan perlakuan lainnya.

## 4. Kesimpulan

Campuran inokulum *A. niger* dan EM4 sangat efektif digunakan dalam proses fermentasi tepung kulit singkong dibandingkan *A. niger* atau EM4 tunggal. Efektivitas inokulum campuran tersebut terlihat dari penurunan kadar sianida dan pH, serta peningkatan kadar  $\text{NH}_3$  dan VFA yang merupakan

indikator aktivitas mikroorganisme rumen yang normal. Dengan demikian, campuran *A.niger* dan *EM4* dapat digunakan sebagai inokulum dalam proses fermentasi tepung kulit singkong atau bahan pakan lain yang mengandung senyawa sianida.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Morgan NK dan Choct M. Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. *Animal Nutrition*. 2016;2(4), 253-261.
- [2] Niayale R, Addah W, Ayantunde AA dan Faso B. Utilization of cassava peels as feed for ruminants in Ghana: A review of alternative methods of improving their nutritional value. *Roots and Tubers in Ghana: Overview and Selected Research Papers*. 2019;332.
- [3] Mossie T dan Yirdaw B. Documentation of major poisonous plants and their toxic effects on livestock: A Review. *Am. J. Biosci. Bioeng.* 2023;11;47-55.
- [4] Gensa U. Review on cyanide poisoning in ruminants. *synthesis*. 2019;9(6);1-12.
- [5] Zagrobelny M, Bak S, Rasmussen AV, Jørgensen B, Naumann CM dan Møller BL. Cyanogenic glucosides and plant–insect interactions. *Phytochemistry*. 2004;65(3);293-306.
- [6] Zhai J, Wang B, Sun Y, Yang J, Zhou J, Wang T, Zhang W, Qi C, dan Guo Y. Effects of *Aspergillus niger* on cyanogenic glycosides removal and fermentation qualities of ratooning sorghum. *Frontiers in Microbiology*. 2023;14;1128057.
- [7] Hartanti R, Septian MH, dan Hartati L. Pengaruh jenis media tumbuh mikroorganisme lokal pada fermentasi kulit singkong terhadap pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, dan pH rumen in vitro. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*. 2023;5(3):147-156.
- [8] Mirwandhono E, Bachari I, dan Situmorang D. Uji nilai nutrisi kulit singkong yang difermentasi dengan *Aspergillus niger*. *Jurnal Agribisnis Peternakan*. 2006;2(3):91-95.
- [9] Chandra T, Kereh VG, Untu IM dan Rembet BW. Pengayaan nilai nutritif sekam padi berbasis bioteknologi “Effective Microorganisms” (EM4) sebagai bahan pakan organik. *Jurnal Zootek*. 2013;32(5):158-171.
- [10] Iqbal Z, Usman Y dan Sitti WA. Evaluasi kualitas jerami padi fermentasi dengan tingkat penggunaan EM-4 yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. 2016;1(1):655-664, [www.jim.unsyiah.ac.id/JFP](http://www.jim.unsyiah.ac.id/JFP).
- [11] Semaun R.. Kecernaan in-vitro kombinasi fermentasi jerami jagung dan dedak kasar dengan penambahan *Aspergillus niger*. *Journal Galung Tropika*. 2013;2(2).
- [12] Tilley JMA dan Terry RA. A two-stage technique for in vitro digestion of forage crop. *Journal of The British Grassland Society* 1963;18:104-111.
- [13] Hermanto H dan Fitriani F. Pengaruh lama proses fermentasi terhadap kadar asam sianida (HCN) dan kadar protein pada kulit dan daun singkong. *Indonesian Journal of Industrial Research*. 2018;10(2), 169-180.
- [14] Nurlaeni L. Potensi kulit singkong sebagai pakan ternak ayam broiler. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*. 2022.4(1):19-26.
- [15] Angriani R. Pengolahan limbah singkong sebagai bahan pakan ayam broiler. *Jurnal Peternakan Borneo*. 2025;4(1):12-17.
- [16] Benjamin CI, SI BWO dan Mike-Anosike EE. Isolation and Screening of Linamarase Producing Microorganisms for Detoxification of Cyanide in Cassava. *Nigerian Journal of Microbiology*. 2023; 37(2) 6744-6751.
- [17] Higa T dan Parr JF. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. Atami, Japan: International Nature Farming Research Center. 1994;1:16-16).
- [18] Fadahunsi IF, Busari NK dan Fadahunsi OS. Effect of cultural conditions on the growth and linamarase production by a local species of *Lactobacillus fermentum* isolated from cassava effluent. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020;44(1):185.
- [19] Dobrosz-Gómez, I, García BDR, GilPavas E dan García MÁG. Kinetic study on HCN volatilization in gold leaching tailing ponds. *Minerals Engineering*, 2017;110:185-194.

- [20] Aerts D, van den Bergh SG, Post H, Altelaar MAF, Arentshorst M, Ram AFJ, Ohm RA dan Wösten HAB. FlbA-regulated gene *rpnR* is involved in stress resistance and impacts protein secretion when *Aspergillus niger* is grown on xylose. Applied and environmental microbiology. 2019;85(2):e02282-18.
- [21] Wu CW, Spike T, Klingeman DM, Rodriguez M, Bremer VR dan Brown SD. Generation and characterization of acid tolerant *Fibrobacter succinogenes* S85. Scientific Reports. 2017;7(1), 2277.
- [22] Zhang LU, Chung J, Jiang Q, Sun R, Zhang J, Zhong Y dan Ren N. Characteristics of rumen microorganisms involved in anaerobic degradation of cellulose at various pH values. Rsc Advances. 2017;7(64):40303-40310.
- [23] Beckett L, Gleason CB, Bedford A, Liebe D, Yohe TT, Hall MB, Daniels KM dan White RR.. Rumen volatile fatty acid molar proportions, rumen epithelial gene expression, and blood metabolite concentration responses to ruminally degradable starch and fiber supplies. Journal of Dairy Science. 2021;104(8):8857-8869.
- [24] Kapp-Bitter AN, Dickhoefer U, Kreuzer M dan Leiber F. Mature herbs as supplements to ruminant diets: effects on in vitro ruminal fermentation and ammonia production. Animal Production Science. 2020;61(5):470-479.
- [25] Khejornart P, Cherdthong A dan Wanapat M. In vitro screening of plant materials to reduce ruminal protozoal population and mitigate ammonia and methane emissions. Fermentation. 2021;7(3):166.
- [26] Aderemi FA, dan Nworgu FC. Nutritional status of cassava peels and root sieviate biodegraded with *Aspergillus niger*. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2007;2(3):308-311.
- [27] Zhou Y, Sun Q, Teng C, Zhou M, Fan G dan Qu P. Preparation and improvement of physicochemical and functional properties of dietary fiber from corn cob fermented by *Aspergillus Niger*. Journal of Microbiology and Biotechnology. 2023.34(2):330.
- [28] Vyas D, Beauchemin KA dan Koenig KM. Using organic acids to control subacute ruminal acidosis and fermentation in feedlot cattle fed a high-grain diet. Journal of Animal Science. 2015;93(8):3950-3958.
- [29] Dewhurst RJ dan Newbold JR. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. British Journal of Nutrition, 2022;127(6):847-849.
- [30] Fasae OA dan Yusuf AO. Cassava leaves and peels: Nutritional value and potential productivity in West African dwarf breeds of sheep and goats—A review. Nigerian Journal of Animal Production, 2022;49(3):301-311.
- [31] Saputra AD dan Ndaru PH. Effect of using different levels of cassava meal in a concentrate cassava peel diet on chemical composition, in vitro gas production, and rumen fermentation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;888(1):012053. IOP Publishing.
- [32] Huhtanen P, Cabezas-Garcia EH, Krizsan SJ dan Shingfield KJ. Evaluation of between-cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows. Journal of Dairy Science. 2015;98(5):3182-3196.
- [33] Joshi H, Somduttand CP dan Mundra SL. Role of effective microorganisms (EM) in sustainable agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019;8(3):172-181.
- [34] Andlar M, Rezić T, Mardetko N, Kracher D, Ludwig R dan Šantek B. 2018. Lignocellulose degradation: An overview of fungi and fungal enzymes involved in lignocellulose degradation. Engineering in life sciences, 18(11):768-778.
- [35] Wang L, Zhang G, Li Y dan Zhang Y. Effects of high forage/concentrate diet on volatile fatty acid production and the microorganisms involved in VFA production in cow rumen. Animals, 2020;10(2):223.

- [36] Johnson JR, Carstens GE, Krueger WK, Lancaster PA, Brown EG, Tedeschi LO, Anderson RC, Johnson KA dan Brosh A. Associations between residual feed intake and apparent nutrient digestibility, in vitro methane-producing activity, and volatile fatty acid concentrations in growing beef cattle. *Journal of animal science*. 2019;97(8):3550-3561.
- [37] Guo W, Guo XJ, Xu LN, Shao LW, Zhu BC, Liu H, Wang YJ dan Gao KY. Effect of whole-plant corn silage treated with lignocellulose-degrading bacteria on growth performance, rumen fermentation, and rumen microflora in sheep. *Animal*. 2022.16(7):100576.