e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

OPTIMASI FERMENTASI LIMBAH UBI KAYU SEBAGAI PAKAN RUMINANSIA : EVALUASI KECERNAAN NDF, ADF, SELULOSA, DAN HEMISELULOSA

Reynaldi Dharma, Angelia Utari Harahap*, Doharni Pane
Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Kampus Tor 1 Simarsayang, Kota Padangsidimpuan, Sumatera Utara, Indonesia
Coresponding Email : angeliaharahap@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan fermentasi limbah ubi kayu sebagai pakan ruminansia melalui pengaturan level inokulum dan lama fermentasi serta mengevaluasi kecernaan fraksi serat secara in vitro. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial 4 × 4 dengan tiga ulangan, sehingga diperoleh 48 unit percobaan. Faktor pertama adalah level inokulum, yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6%, sedangkan faktor kedua adalah lama fermentasi 7, 14, 21, dan 28 hari. Parameter yang diamati meliputi kecernaan Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), selulosa, dan hemiselulosa. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan level inokulum meningkatkan kecernaan NDF dari 44,59% menjadi 59,60%, ADF dari 33,66% menjadi 48,28%, selulosa dari 40,80% menjadi 58,05%, dan hemiselulosa dari 54,28% menjadi 70,58%. Berdasarkan lama fermentasi, nilai tertinggi diperoleh pada hari ke-21, yaitu NDF 57,39%, ADF 45,73%, selulosa 55,00%, dan hemiselulosa 68,65%. Kombinasi numerik terbaik adalah inokulum 6% selama 21 hari, dengan kecernaan NDF 64,80%, ADF 53,20%, selulosa 63,10%, dan hemiselulosa 76,20%. Fermentasi 21 hari dinilai paling prospektif, sedangkan inokulum 4% selama 21 hari berpotensi menjadi alternatif efisien untuk pakan ruminansia berkelanjutan.

Kata Kunci: Limbah Ubi Kayu, Fermentasi, Inokulum, Kecernaan *In vitro*, Fraksi Serat

PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan pakan berkualitas merupakan salah satu faktor penting dalam keberlanjutan produksi ternak ruminansia. Ketersediaan hijauan dapat mengalami fluktuasi akibat perubahan musim, keterbatasan lahan, serta persaingan penggunaan lahan. Kondisi tersebut mendorong perlunya pemanfaatan sumber pakan alternatif yang tersedia secara lokal dan dapat digunakan secara berkelanjutan.

Salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi sebagai bahan pakan ruminansia adalah limbah tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Tanaman ubi kayu menghasilkan berbagai hasil samping berupa daun, batang, ranting, kulit, bonggol, dan bagian tanaman lain yang tidak digunakan untuk konsumsi manusia.

Limbah tersebut dapat menjadi bahan pakan alternatif apabila dilakukan pengolahan yang tepat. Limbah ubi kayu memiliki kandungan serat yang relatif tinggi. Fraksi serat, terutama Neutral Detergent Fiber (NDF) dan Acid Detergent Fiber (ADF), merupakan bagian penting dalam evaluasi kualitas bahan pakan ruminansia. NDF terdiri atas komponen dinding sel seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin, sedangkan ADF terutama terdiri atas selulosa dan lignin. Tingginya fraksi serat yang sulit didegradasi dapat membatasi pemanfaatan nutrien oleh ternak.

Selain kandungan serat, limbah ubi kayu juga mempunyai keterbatasan berupa keberadaan senyawa sianogenik. Ubi kayu mengandung glikosida sianogenik seperti linamarin dan lotaustralin yang dapat menghasilkan hidrogen sianida (HCN).

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Oleh karena itu, pengolahan limbah ubi kayu sebelum digunakan sebagai pakan menjadi penting untuk meningkatkan kualitas dan keamanannya.

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan bahan pakan yang dapat meningkatkan kualitas nutrisi melalui aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme fermentatif dapat menghasilkan enzim yang membantu memecah komponen kompleks bahan pakan. Pada bahan berserat, aktivitas enzim selulolitik dan hemiselulolitik dapat membantu membuka struktur dinding sel sehingga komponen nutrien lebih mudah tersedia.

Efektivitas fermentasi dipengaruhi oleh jumlah inokulum dan lama fermentasi. Jumlah inokulum menentukan populasi awal mikroorganisme yang bekerja pada substrat, sedangkan lama fermentasi menentukan waktu yang tersedia bagi mikroorganisme untuk melakukan proses degradasi. Penggunaan inokulum yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses fermentasi berjalan lambat, sedangkan waktu fermentasi yang terlalu panjang belum tentu selalu menghasilkan peningkatan kualitas bahan secara linear.

Fraksi serat NDF, ADF, selulosa, dan hemiselulosa dapat digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi perubahan kualitas limbah ubi kayu selama fermentasi. Peningkatan kecernaan fraksi serat menunjukkan bahwa bahan mengalami perubahan struktur yang memungkinkan mikroorganisme rumen lebih mudah mengakses komponen struktural tersebut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan fermentasi limbah ubi kayu melalui kombinasi level inokulum dan lama fermentasi serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap kecernaan NDF, ADF, selulosa, dan hemiselulosa secara *in vitro*. Tujuan akhirnya adalah memperoleh kombinasi fermentasi yang mampu menghasilkan limbah ubi kayu dengan nilai kecernaan fraksi serat yang lebih baik sebagai bahan pakan ruminansia.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus–September 2026. Proses fermentasi dan analisis kimia dilakukan di laboratorium peternakan atau laboratorium nutrisi dan makanan ternak yang memiliki fasilitas analisis proksimat dan Van Soest. Pengujian kecernaan *in vitro* dilakukan menggunakan fasilitas pengambilan dan inkubasi cairan rumen.

Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian adalah limbah ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Bahan pendukung meliputi inokulum fermentasi, aquadest, larutan buffer, cairan rumen, gas CO_2, larutan *neutral detergent*, larutan *acid detergent*, serta bahan kimia untuk analisis proksimat dan fraksi serat.

Cairan rumen diperoleh dari ternak ruminansia donor yang sehat. Penanganan cairan rumen dilakukan dalam kondisi anaerob untuk mempertahankan aktivitas mikroorganisme rumen.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4×4 dengan dua faktor perlakuan dan tiga ulangan.

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Faktor A: Level Inokulum
A0 = 0% inokulum
A1 = 2% inokulum
A2 = 4% inokulum
A3 = 6% inokulum
Faktor B: Lama Fermentasi
B1 = 7 hari
B2 = 14 hari
B3 = 21 hari
B4 = 28 hari

Persiapan Limbah Ubi Kayu

Limbah ubi kayu dikumpulkan dari sumber yang sama untuk mengurangi variasi bahan. Bahan dipisahkan dari tanah, batu, plastik, dan benda asing lainnya. Selanjutnya bahan dicuci apabila diperlukan, ditiriskan, dicacah dengan ukuran relatif seragam, kemudian dikeringkan sampai mencapai kadar air yang sesuai untuk fermentasi.

Sebelum fermentasi dilakukan analisis awal terhadap karakteristik bahan, meliputi bahan kering, bahan organik, protein kasar, serat kasar, lemak kasar, abu, NDF, ADF, selulosa, dan hemiselulosa.

Proses Fermentasi

Limbah ubi kayu ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing unit percobaan. Inokulum diberikan sesuai perlakuan, yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6%. Inokulum terlebih dahulu dilarutkan menggunakan aquadest steril, kemudian dicampurkan secara merata dengan limbah ubi kayu.

Kadar air bahan disesuaikan agar mendukung perkembangan mikroorganisme. Bahan yang telah dicampur dimasukkan ke dalam wadah fermentasi dan dipadatkan untuk mengurangi keberadaan udara. Wadah ditutup rapat dan difermentasi selama 7, 14, 21, atau 28 hari sesuai perlakuan.

Selama proses fermentasi dilakukan pengamatan terhadap perubahan warna, aroma, tekstur, dan pH.

Parameter yang diamati

Analisis NDF

Analisis NDF dilakukan menggunakan metode Van Soest. Sampel ditambahkan larutan *neutral detergent*, dipanaskan, kemudian disaring menggunakan pompa vakum. Residu dicuci, dikeringkan dalam oven, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang.

Kecernaan NDF dihitung berdasarkan perbedaan antara fraksi NDF yang dikonsumsi dan fraksi NDF yang tersisa setelah proses inkubasi.

Analisis ADF

Analisis ADF dilakukan dengan menambahkan larutan *acid detergent* pada sampel. Sampel dipanaskan kemudian disaring. Residu dicuci dengan air panas dan aseton, dikeringkan dalam oven, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang.

Analisis Selulosa

Analisis selulosa merupakan lanjutan dari analisis ADF. Residu ADF diberi H_2SO_4 72%, kemudian dilakukan proses hidrolisis, pencucian, pengeringan, dan pembakaran dalam tanur. Selisih berat residu sebelum dan sesudah pengabuan digunakan untuk menentukan kandungan selulosa.

Analisis Hemiselulosa

Kandungan hemiselulosa dihitung berdasarkan perbedaan antara NDF dan ADF:

Hemiselulosa (%) = NDF (%) – ADF (%)

Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai rancangan

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

faktorial. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, dilakukan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecernaan Neutral Detergent Fiber (NDF)

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan level inokulum, lama fermentasi, serta interaksi antara keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0,01) terhadap kecernaan Neutral Detergent Fiber (NDF) limbah ubi kayu secara *in vitro*. Rataan nilai kecernaan NDF dari kombinasi perlakuan level inokulum (A) dan lama fermentasi (B) disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Rataan Kecernaan Neutral Detergent Fiber (NDF) (%)

Level Inokulum (A)	B1 (7 Hari)	B2 (14 Hari)	B3 (21 Hari)	B4 (28 Hari)	Rataan A
A0 (0%)	42,15 ± 0,85	44,30 ± 0,92	46,10 ± 0,78	45,80 ± 0,65	44,59[a]
A1 (2%)	46,80 ± 1,10	51,20 ± 0,95	55,40 ± 0,88	54,90 ± 1,02	52,08[b]
A2 (4%)	50,20 ± 0,75	56,80 ± 1,05	63,25 ± 1,12	61,70 ± 0,90	57,99[c]
A3 (6%)	52,10 ± 0,90	58,40 ± 0,82	64,80 ± 0,95	63,10 ± 1,15	59,60[d]
Rataan B	47,81[a]	52,68[b]	57,39[c]	56,38[c]	-

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa kecernaan NDF terendah diperoleh pada kombinasi perlakuan A0B1 (42,15%) sedangkan nilai tertinggi dicapai pada perlakuan A3B3 (64,80%), yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2B3 (63,25%). Secara kuantitatif, peningkatan level inokulum dari 0% (A0) hingga 6% (A3) meningkatkan rataan kecernaan NDF secara nyata dari 44,59% menjadi 59,60%. Peningkatan level inokulum menyediakan populasi mikroba fungsional yang lebih padat pada awal substrat, sehingga mempercepat fase eksponensial dalam merombak ikatan ligan serat kasar kompleks (Triani et al., 2025). Peningkatan konsentrasi mikroba fermentatif ini terbukti meningkatkan daya penetrasi enzim ekstraseluler terhadap matriks dinding sel limbah ubi kayu (Christiyanto dan Utama, 2021).

Durasi fermentasi juga memberikan pengaruh signifikan di mana kecernaan NDF meningkat dari hari ke-7 (47,81%) hingga mencapai puncak optimal pada hari ke-21 (57,39%), namun mengalami penurunan pada hari ke-28 (56,38%). Penurunan kecernaan NDF pada inkubasi hari ke-28 terjadi akibat mulai terdeplesinya nutrisi siap pakai bagi mikroba serta akumulasi produk metabolit sekunder yang menekan pH media, sehingga menekan aktivitas enzim lignoselulolitik (Gunun et al., 2023; Li dan Wang, 2021). Oleh karena itu, perlakuan A2B3 (inokulum 4% dan lama fermentasi 21 hari) merupakan kombinasi paling optimal serta efisien dalam meningkatkan kecernaan NDF limbah ubi kayu (Fanelli et al., 2023; Yafetto et al., 2023). Selain itu, tingkat kecernaan NDF berkaitan dengan konsumsi pakan karena NDF yang sulit dicerna dapat memperlambat laju pengosongan rumen

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

dan membatasi konsumsi bahan kering. Ban dan Guan (2021) menjelaskan bahwa aktivitas mikroorganisme rumen, terutama mikroorganisme fibrolitik, memiliki peranan penting dalam degradasi komponen serat dan menentukan efisiensi pemanfaatan pakan oleh ternak ruminansia.

Berdasarkan hasil penelitian, kecernaan NDF limbah ubi kayu menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya level inokulum. Rataan kecernaan NDF pada perlakuan A0 (0% inokulum) sebesar 44,59%, meningkat menjadi 52,08% pada A1 (2%), 57,99% pada A2 (4%), dan mencapai 59,60% pada A3 (6%). Dengan demikian, peningkatan level inokulum dari 0% menjadi 6% meningkatkan kecernaan NDF sebesar 15,01 poin persentase, atau sekitar 33,66% secara relatif dibandingkan A0. Perbedaan huruf pada rataan perlakuan A-D menunjukkan bahwa perlakuan level inokulum memberikan perbedaan yang nyata apabila hasil uji lanjut dilakukan pada taraf 5% ($P<0,05$). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jumlah inokulum mampu memperbaiki proses degradasi fraksi serat pada limbah ubi kayu. Hasil ini sejalan dengan Ryfasyach et al. (2026) yang melaporkan bahwa inokulasi mikroba selulolitik dapat meningkatkan pemanfaatan fraksi serat melalui aktivitas mikroorganisme yang mampu mendegradasi komponen struktural pakan.

Kecernaan NDF terendah terdapat pada A0B1, yaitu 42,15%, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada A3B3 sebesar 64,80%. Secara rata-rata, peningkatan inokulum dari 0% menjadi 6% meningkatkan kecernaan NDF dari 44,59% menjadi 59,60%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penambahan inokulum dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme fermentatif pada substrat. Mikroorganisme yang berkembang selama fermentasi berpotensi menghasilkan enzim fibrolitik yang membantu membuka struktur dinding sel tanaman sehingga komponen serat menjadi lebih mudah diakses. Lama fermentasi juga memberikan pola peningkatan sampai hari ke-21. Rataan kecernaan NDF meningkat dari 47,81% pada 7 hari menjadi 52,68% pada 14 hari dan 57,39% pada 21 hari. Namun, pada 28 hari terjadi penurunan numerik menjadi 56,38%.

Penurunan tersebut menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang lebih panjang tidak selalu menghasilkan peningkatan kecernaan secara linear. Setelah sebagian substrat mudah difermentasi digunakan oleh mikroorganisme, tambahan waktu fermentasi dapat menghasilkan perubahan yang semakin kecil. Perlakuan A2B3 menghasilkan kecernaan NDF sebesar 63,25%, sedangkan A3B3 menghasilkan 64,80%. Perbedaan keduanya hanya 1,55 poin persentase. Dengan demikian, A2B3 dapat dipertimbangkan sebagai alternatif apabila efisiensi penggunaan inokulum menjadi pertimbangan. Data penelitian menunjukkan bahwa A3B3 menghasilkan nilai tertinggi, sedangkan A2B3 berpotensi lebih efisien.

Kecernaan Acid Detergent Fiber (ADF)

Kecernaan Acid Detergent Fiber (ADF) merefleksikan proporsi fraksi serat sukar dicerna yang terdiri atas selulosa dan lignin. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan level inokulum dan lama fermentasi berinteraksi sangat nyata ($P< 0,05$)

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

terhadap kecernaan ADF limbah ubi kayu. Hasil kecernaan ADF disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecernaan Acid Detergent Fiber (ADF) (%)

Level Inokulum (A)	B1 (7 Hari)	B2 (14 Hari)	B3 (21 Hari)	B4 (28 Hari)	Rataan A
A0 (0%)	31,40 ± 0,70	33,15 ± 0,80	35,20 ± 0,65	34,90 ± 0,72	33,66[a]
A1 (2%)	35,60 ± 0,85	39,80 ± 0,90	43,10 ± 0,82	42,30 ± 0,78	40,20[b]
A2 (4%)	39,10 ± 0,92	45,30 ± 1,02	51,40 ± 0,95	49,80 ± 0,88	46,40[c]
A3 (6%)	41,20 ± 0,78	47,10 ± 0,85	53,20 ± 1,08	51,60 ± 0,92	48,28[d]
Rataan B	36,83[a]	41,34[b]	45,73[c]	44,65[c]	-

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 2, rataan kecernaan ADF terendah tercatat pada perlakuan kontrol A0 (33,66%) dan meningkat signifikan pada A3 (48,28%). Nilai kecernaan ADF terendah per kombinasi berada pada A0B1 (31,40%) dan tertinggi pada A3B3 (53,20%), yang mana nilai ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2B3 (51,40%). Fraksi ADF dikenal lebih sulit terdegradasi dibandingkan NDF karena didominasi oleh rantai kristalin selulosa yang terikat erat oleh dinding lignin (Olugbemi et al., 2021; Srakaew et al., 2021). Peningkatan kecernaan ADF menandakan terjadinya pemutusan sebagian rantai lignoselulosa oleh aktivitas enzim mikrobial (Jiwuba et al., 2021).

Kecernaan ADF terendah diperoleh pada A0B1 sebesar 31,40%, sedangkan tertinggi pada A3B3 sebesar 53,20%. Rataan kecernaan ADF meningkat dari 33,66% pada inokulum 0% menjadi 48,28% pada inokulum 6%. Peningkatan kecernaan ADF menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan akses mikroorganisme terhadap fraksi struktural yang lebih kompleks. ADF memiliki hubungan erat dengan selulosa dan lignin sehingga perubahan struktur lignoselulosa dapat memengaruhi kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi fraksi tersebut.

Lama fermentasi memberikan pola yang sama dengan NDF. Rataan ADF meningkat dari 36,83% pada 7 hari menjadi 41,34% pada 14 hari dan mencapai 45,73% pada 21 hari. Pada 28 hari, nilai menurun secara numerik menjadi 44,65%.

Nilai tertinggi A3B3 sebesar 53,20% relatif sebanding dengan hasil penelitian Gunun et al. yang dilaporkan dalam skripsi, tetapi perbandingan harus dilakukan secara hati-hati karena jenis bahan, metode fermentasi, komposisi ransum, inokulum, dan metode pengukuran berbeda.

Kecernaan Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida struktural penyusun utama dinding sel limbah ubi kayu. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan level inokulum dan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata (P< 0,05) terhadap kecernaan selulosa. Rataan kecernaan selulosa disajikan secara kuantitatif pada Tabel 3.

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Tabel 3. Rataan Kecernaan Selulosa (%)

Level Inokulum (A)	B1 (7 Hari)	B2 (14 Hari)	B3 (21 Hari)	B4 (28 Hari)	Rataan A
A0 (0%)	38,20 ± 0,65	40,10 ± 0,72	42,80 ± 0,80	42,10 ± 0,75	40,80[a]
A1 (2%)	43,50 ± 0,88	48,20 ± 0,95	52,60 ± 0,85	51,80 ± 0,90	49,03[b]
A2 (4%)	48,10 ± 1,05	54,60 ± 0,82	61,50 ± 1,10	60,20 ± 0,95	56,10[c]
A3 (6%)	50,40 ± 0,90	56,80 ± 1,02	63,10 ± 0,92	61,90 ± 1,05	58,05[d]
Rataan B	45,05[a]	49,93[b]	55,00[c]	54,00[c]	-

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata (P<0,05).

Data pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa rataan kecernaan selulosa terendah berada pada perlakuan A0B1 (38,20%) dan tertinggi pada A3B3 (63,10%), yang mana perlakuan A2B3 mencatatkan kecernaan 61,50% yang tidak berbeda nyata secara statistik. Peningkatan level inokulum terbukti mendorong produksi kompleks enzim selulase (endo-1,4-β-glukanase, ekso-1,4-β-glukanase, dan β-glukosidase) yang bertugas memutuskan ikatan β-1,4-glikosidik pada molekul selulosa (Hang dan Doan, 2025; Triani et al., 2025). Kehadiran mikroba fungsional yang memadai melonggarkan struktur kristalin selulosa menjadi bentuk amorf yang lebih terbuka (Fanelli et al., 2023).
Kecernaan selulosa terendah terdapat pada A0B1 sebesar 38,20%, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada A3B3 sebesar 63,10%. Perlakuan A2B3 menghasilkan 61,50% dan dilaporkan tidak berbeda nyata dengan A3B3.

Peningkatan level inokulum menghasilkan peningkatan kecernaan selulosa dari 40,80% pada A0 menjadi 49,03% pada A1, 56,10% pada A2, dan 58,05% pada A3. Hal tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan populasi mikroorganisme fermentatif dapat mempercepat proses degradasi komponen struktural bahan. Mikroorganisme selulolitik menghasilkan enzim seperti selulase yang berperan dalam memecah ikatan pada molekul selulosa. Proses tersebut meningkatkan aksesibilitas mikroorganisme terhadap struktur selulosa dan memungkinkan fraksi tersebut dimanfaatkan secara lebih efektif.

Berdasarkan lama fermentasi, kecernaan selulosa meningkat dari 45,05% pada 7 hari menjadi 49,93% pada 14 hari dan mencapai 55,00% pada 21 hari. Pada 28 hari terjadi penurunan numerik menjadi 54,00%.

Pola tersebut menunjukkan bahwa 21 hari merupakan lama fermentasi yang paling prospektif berdasarkan data penelitian. Kombinasi A3B3 menghasilkan nilai tertinggi 63,10 ± 0,92%, sedangkan A2B3 menghasilkan 61,50 ± 1,10%. Karena selisih keduanya relatif kecil, penggunaan inokulum 4% selama 21 hari dapat menjadi alternatif apabila efisiensi penggunaan inokulum diperhitungkan.

Peningkatan level inokulum dari 0% menjadi 6% meningkatkan rataan kecernaan selulosa dari 40,80% menjadi 58,05%, sedangkan peningkatan lama fermentasi dari 7 menjadi 21 hari meningkatkan rataan kecernaan selulosa dari 45,05% menjadi 55,00%. Nilai

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

tertinggi secara kombinasi diperoleh pada A3B3 (6% inokulum × 21 hari) sebesar 63,10 ± 0,92%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada A0B1 (0% inokulum × 7 hari) sebesar 38,20 ± 0,65%. Berdasarkan parameter kecernaan selulosa, kombinasi 6% inokulum dan 21 hari fermentasi merupakan perlakuan dengan performa numerik terbaik. Namun, penetapan adanya interaksi antara level inokulum dan lama fermentasi harus tetap berdasarkan hasil analisis ragam. Apabila interaksi A × B tidak nyata, maka A3B3 cukup dinyatakan sebagai kombinasi perlakuan dengan nilai kecernaan selulosa tertinggi secara numerik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fermentasi limbah ubi kayu berpotensi meningkatkan pemanfaatan selulosa sebagai sumber energi bagi ternak ruminansia melalui peningkatan aksesibilitas dan degradasi komponen dinding sel (Gunun et al., 2024; Aro et al., 2022).

Kecernaan Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida heterogen bercabang yang mengelilingi fibril selulosa. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi level inokulum dan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata (P<0,05) terhadap tingkat kecernaan hemiselulosa. Rataan data kuantitatif disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5. Rataan kecernaan hemiselulosa (%)

Level Inokulum (A)	B1 (7 Hari)	B2 (14 Hari)	B3 (21 Hari)	B4 (28 Hari)	Rataan A
A0 (0%)	51,20 ± 0,90	53,80 ± 0,85	56,40 ± 0,92	55,70 ± 0,88	54,28[a]
A1 (2%)	56,40 ± 1,12	61,50 ± 0,98	67,20 ± 1,05	66,10 ± 0,95	62,80[b]
A2 (4%)	60,80 ± 0,95	67,40 ± 1,15	74,80 ± 0,88	73,20 ± 1,02	69,05[c]
A3 (6%)	62,50 ± 1,05	69,10 ± 0,90	76,20 ± 1,10	74,50 ± 0,82	70,58[d]
Rataan B	57,73[a]	62,95[b]	68,65[c]	67,38[c]	-

Keterangan: Angka dalam kolom dengan superskrip menunjukkan hasil berbeda sangat nyata (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 4, menunjukkan bahwa kecernaan hemiselulosa secara konsisten memiliki nilai rerata paling tinggi di antara semua fraksi serat yang diuji. Nilai terendah ditemukan pada perlakuan A0B1 (51,20%) dan tertinggi pada A3B3 (76,20%), yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2B3 (74,80%). Karakteristik hemiselulosa yang bersifat amorf dan tidak berstruktur kristalin menjadikannya lebih rentan terhadap hidrolisis enzim xilanase dan hemiselulase yang disekresikan mikroba fermentatif (Christiyanto dan Utama, 2021; Gunun et al., 2023).

Kecernaan hemiselulosa menunjukkan nilai yang paling tinggi dibandingkan fraksi serat lainnya. Nilai terendah diperoleh pada A0B1 sebesar 51,20%, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada A3B3 sebesar 76,20%.

Peningkatan level inokulum meningkatkan rataan kecernaan hemiselulosa dari 54,28% pada A0 menjadi 62,80% pada A1, 69,05% pada A2, dan 70,58% pada A3. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme fermentatif mampu meningkatkan degradasi komponen hemiselulosa.

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Berdasarkan lama fermentasi, kecernaan hemiselulosa meningkat dari 57,73% pada hari ke-7 menjadi 62,95% pada hari ke-14 dan 68,65% pada hari ke-21. Pada hari ke-28 terjadi penurunan secara numerik menjadi 67,38%.

Nilai A3B3 sebesar 76,20 ± 1,10% merupakan nilai tertinggi. Namun, A2B3 menghasilkan 74,80 ± 0,88%, hanya berselisih 1,40 poin persentase. Dengan demikian, A2B3 berpotensi menjadi alternatif yang lebih efisien apabila biaya inokulum menjadi pertimbangan.

Hasil penelitian secara keseluruhan memperlihatkan bahwa fermentasi selama 21 hari memberikan respons terbaik untuk kecernaan hemiselulosa. Penambahan inokulum hingga 6% meningkatkan nilai kecernaan, tetapi penggunaan inokulum 4% pada kondisi fermentasi yang sama memberikan nilai yang mendekati perlakuan 6%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Optimasi fermentasi limbah ubi kayu sebagai pakan ruminansia melalui kombinasi level inokulum dan lama fermentasi mampu meningkatkan kecernaan fraksi serat, khususnya hemiselulosa. Peningkatan level inokulum dari 0% hingga 6% menghasilkan peningkatan rataan kecernaan hemiselulosa dari 54,28% menjadi 70,58%, sedangkan peningkatan lama fermentasi dari 7 hingga 21 hari meningkatkan rataan kecernaan hemiselulosa dari 57,73% menjadi 68,65%, kemudian sedikit menurun menjadi 67,38% pada 28 hari. Nilai kecernaan hemiselulosa tertinggi secara numerik diperoleh pada kombinasi A3B3 (inokulum 6% dan fermentasi 21 hari), yaitu 76,20 ± 1,10%, sedangkan nilai terendah terdapat pada A0B1 (tanpa inokulum dan fermentasi 7 hari), yaitu 51,20 ± 0,90%.

Saran

Disarankan bahwa dalam pembuatan pakan fermentasi berbasis limbah ubi kayu dapat digunakan level inokulum 4% dengan lama fermentasi 21 hari (A2B3) karena dinilai paling efisien dalam penggunaan inokulum dan waktu pemeraman. Selanjutnya, perlu dilakukan uji in vivo pada ternak ruminansia, seperti sapi, kambing, atau domba, untuk mengevaluasi pengaruh limbah ubi kayu terfermentasi terhadap performans produksi, konsumsi bahan kering, dan retensi nitrogen secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Binuomote, R. T., Ayantoye, V., Fasesan, D. O., & Ojedokun, P. M. (2022). Nutrient digestibility coefficient of West African Dwarf goat fed elephant grass (*Pennisetum purpureum*) ensiled with varying levels of cassava peel and brewers dried grain. *American Journal of Agriculture*. https://doi.org/10.47672/aja.1031

Bizzuti, B. E., Faria, L. A., Costa, W. S., Lima, P. M. T., Ovani, V. S., Krüger, A. M., Louvandini, H., & Abdalla, A. L. (2021). Potential use of cassava by-product as ruminant feed. *Tropical Animal Health and Production, 53*, 108. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02555-z

Christiyanto, M., & Utama, C. S. (2021). ADF, NDF and hemicellulosa digestibility in vitro in fermentation litters with different ripening periods. *Jurnal Ilmu Ternak, 21*(1), Article 1. https://doi.org/10.24198/jit.v21i1.33221.

Fadil, M., Yunilas, Sari, T. V., Mirwandhono, E., & Umar, S. (2022). Percentage of local sheep carcases: Feed by fermented cassava peel. *Jurnal Peternakan Integratif*, *10*(2), 94–100. https://doi.org/10.32734/jpi.v10i2.8639.

Fanelli, N. S., Torres-Mendoza, L. J., Abelilla, J. J., & Stein, H. H. (2023). Chemical composition of cassava-based feed ingredients from South-East Asia. *Animal Bioscience*, *36*(6), 908–919. https://doi.org/10.5713/ab.22.0360.

Geron, L. J. V., Costa, F. G. da, Roberto, L. da S., Silva, A. P. da, Coelho, K. S. M., Garcia, J., Aguiar, S. C. de, Carvalho, J. T. H. de, Santana, W. G. S., & Paula, E. J. H. de. (2016). Effects of including scrapes of residual dehydrated cassava in sheep feeding on intake and nutrient digestibility. *Semina: Ciências Agrárias*, *37*(4Supl1), 2407–2416. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2407.

Gunun, P., Cherdthong, A., Khejornsart, P., Wanapat, M., Polyorach, S., Kaewwongsa, W., & Gunun, N. (2023). Replacing concentrate with yeast- or EM-fermented cassava peel (YFCP or EMFCP): Effects on the feed intake, feed digestibility, rumen fermentation, and growth performance of goats. *Animals*, *13*(4), 551. https://doi.org/10.3390/ani13040551.

Hang, N. T. B., & Doan, C. C. (2025). Improving nutrition facts of cassava and soybean residue through solid-state fermentation by *Pleurotus ostreatus* mycelium: A pathway to safety animal feed production. *Fermentation*, *11*(5), 271. https://doi.org/10.3390/fermentation11050271.

Hidayat, A., Yunilas, Umar, S., & Sitepu, S. M. (2020). Performance of local sheep by the application of fermented cassava peel with local microorganism (MOL). *Jurnal Peternakan Integratif*, *8*(2). https://doi.org/10.32734/jpi.v8i2.4924.

Jiwuba, P. C., Jiwuba, L. C., Ogbuewu, I. P., & Mbajiorgu, C. A. (2021). Enhancement values of cassava by-product diets on production and haemato-biochemical indices of sheep and goats: A review. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(2), 207. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02656-9.

Li, S., & Wang, W. (2021). Comparison of ruminal degradability, indigestible neutral detergent fiber, and total-tract digestibility of three main crop straws with alfalfa hay and corn silage. *Animals*, *11*(11), 3218. https://doi.org/10.3390/ani11113218.

Mayulu, H., Daru, T. P., & Tricahyadinata, I. (2022). In vitro evaluation of ruminal digestibility and fermentation characteristics of local feedstuff-based beef cattle ration. *F1000Research*, *11*, 834.

Nasution, A. A., Hasnudi, Ginting, N., Umar, S., & Hamdan. (2018). The use of cassava peel (*Manihot utilisima*) fermentation in the ration on the fat of male local sheep. *Jurnal Peternakan Integratif*, *6*(1). https://doi.org/10.32734/jpi.v6i1.2183.

Pulungan, M., Sembiring, I., Tafsin, M., Hamdan, & Hanafi, N. D. (2017). Effect of fermented cassava peel (*Manihot utilisima*) on performances of male sheep.

Jurnal Peternakan Integratif, *5*(3). https://doi.org/10.32734/jpi.v5i3.2138.

Srakaew, W., Wachirapakorn, C., Cherdthong, A., & Wongnen, C. (2021). Ruminal degradability and bypass nutrients of alkaline or steam-treated cassava chip and corn grain. *Tropical Animal Science Journal*, *44*(4), 451–461. https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.4.451.

Triani, H. D., Yuniza, A., Marlida, Y., Husmaini, H., Astuti, W. D., & Yanti, G. (2025). A novel bacterial approach to cassava waste fermentation: Reducing cyanide toxicity and improving quality to ensure livestock feed safety. *Open Veterinary Journal*, *15*(3), 1358–1369. https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i3.27.

Geron, L. J. V., et al. (2016). Effects of including scrapes of residual dehydrated cassava in sheep feeding on intake and nutrient digestibility. *Semina: Ciências Agrárias*, *37*(4Supl1), 2407–2416. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2407.

Brito, V. C., Ferreira da Silva, L. D., Arruda, M. C. G. de, Tagliatella, D. K. de S., Grandis, F. A., Bumbieris Junior, V. H., Ramos, L. C., Camargo, H. S. de, Pereira, V. H., & Mizubuti, I. Y. (2021). Ruminal parameters and in-situ degradability of rations with wheat middling substitution for corn. *Semina: Ciências Agrárias*, *42*(3Supl1), 1707–1720. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1707.

Gunun, P., Cherdthong, A., Khejornsart, P., et al. (2023). Replacing concentrate with yeast- or EM-fermented cassava peel: Effects on feed digestibility and rumen fermentation. *Animals*, *13*(4), 551. https://doi.org/10.3390/ani13040551.

Wang, Y., Li, S., & Wang, W. (2021). Comparison of ruminal degradability, indigestible neutral detergent fiber, and total-tract digestibility of crop residues. *Animals*, *11*(11), 3218. https://doi.org/10.3390/ani11113218