

Potensi Kombinasi *Azolla pinnata* R.Br. dengan Limbah Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai Konsentrat Hijau Ditinjau dari Kecernaan dan Produk Fermentasi Rumen

Tjokorda Istri Agung Dewi Pithaloka, Ni Nyoman Suryani, dan I Wayan Suarna

Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, Denpasar-Bali
Corresponding author: dewi.pithaloka010@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengintegrasikan tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu sebagai konsentrat hijau, dengan fokus pada pencernaan dan produk fermentasi rumen. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi potensi kombinasi tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu berdasarkan pencernaan serat kasar, pencernaan protein kasar, serta produk fermentasi rumen seperti pH, VFA, dan N-NH₃. Analisis dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Udayana pada bulan Maret hingga Juni 2024, menggunakan metode *in vitro* dalam rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang diuji meliputi: P1 (80% tepung *Azolla pinnata* + 20% tepung limbah ubi jalar ungu), P2 (60% tepung *Azolla pinnata* + 40% tepung limbah ubi jalar ungu), P3 (40% tepung *Azolla pinnata* + 60% tepung limbah ubi jalar ungu), dan P4 (20% tepung *Azolla pinnata* + 80% tepung limbah ubi jalar ungu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada VFA, N-NH₃, pH, pencernaan protein kasar, dan pencernaan serat kasar antara perlakuan P2 hingga P4. Namun, terdapat perbedaan signifikan pada pencernaan serat kasar pada perlakuan P1. Kesimpulannya, kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu menunjukkan potensi sebagai konsentrat hijau, dengan rasio 20% tepung *Azolla pinnata* dan 80% tepung limbah ubi jalar ungu memberikan hasil terbaik dalam pencernaan serat kasar, pencernaan protein kasar tertinggi, serta memenuhi standar untuk produk fermentasi rumen yang normal.

Kata kunci: Azolla pinnata, limbah ubi jalar ungu, pencernaan rumen, produk fermentasi rumen

Potential Combination of *Azolla pinnata* R.Br. with Purple Sweet Potato Waste (*Ipomoea batatas* L.) as A Green Concentrate Reviewed from Digestibility and Fermentation Products of Rumen

ABSTRACT

This study combined *Azolla pinnata* flour and purple sweet potato waste flour as a green concentrate, reviewing digestibility and rumen fermentation products. This study aims to understand the potential combination of *Azolla pinnata* flour with purple sweet potato waste flour, which is best reviewed from the digestibility of crude fiber, digestibility of crude protein, and rumen fermentation products (pH, VFA, and N-NH₃). This research was held in the Nutrition Feed Laboratory, Faculty of Animal Science, Udayana University. The research occurred from March to June 2024. This study employed an *in vitro* method with a complete randomized design (CRD), four treatments, and three replicates. This research consisted of P1 (80% *Azolla pinnata* flour + 20% purple sweet potato waste flour), P2 (60% *Azolla pinnata* flour + 40% purple sweet potato waste flour), P3 (40% *Azolla pinnata* flour + 60% purple sweet potato waste flour), and P4 (20% *Azolla pinnata* flour + 80% purple sweet potato waste flour). The results showed that there was no significant difference in VFA, N-NH₃, pH, crude protein digestibility, and crude fiber digestibility (P2 to P4). There were significantly different results on the digestibility of coarse fiber in P1. It was concluded that *Azolla pinnata* flour and purple sweet potato waste flour have the potential to become green concentrates. The combination of 20% *Azolla pinnata* flour and 80% purple sweet potato waste flour results in the highest crude fiber digestibility, crude protein digestibility, and fermented products that meet the standards for a normal rumen fermentation process.

Keywords: Azolla pinnata, purple sweet potato waste, rumen digestibility, rumen fermentation

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, pandangan peternak mengenai nutrisi yang terkandung dalam pakan selalu berevolusi. Pentingnya kesadaran akan peningkatan produktivitas ternak melalui pendekatan pemenuhan nutrisi pada pakan yang memiliki kualitas tinggi. Merujuk pada Peraturan Menteri Pertanian No. 46/Permentan/PK.210/8/2015 bahwa jumlah konsumsi hijauan segar pada ternak ruminansia minimal 10% dari bobot badan dan konsentrat 1% hingga 2% dari bobot badan. Kurangnya pengetahuan yang mendalam mengenai nutrisi pakan ternak dan meningkatnya harga pakan khususnya konsentrat berakibat pada peternak mengalami kesulitan dalam beralih dari konsentrat yang berasal dari pabrik dan persepsi yang kurang dalam mengeksplorasi serta mengoptimalkan potensi hijauan pakan. Pemahaman mengenai konsentrat mampu dikembangkan sebagai bahan pakan yang berasal dari hijauan menjadi konsentrat hijau atau *green concentrate* yang berasal dari hijauan tunggal maupun campuran dengan satu spesies atau lebih hijauan pakan dengan kandungan serat kasar kurang dari 18% yang memiliki fungsi sebagai penguat dalam mengevaluasi ransum agar mampu menutupi kekurangan nutrisi pada pakan (Abdullah, 2014).

Kombinasi *Azolla* dengan limbah ubi jalar ungu berpotensi menjadi konsentrat hijau, dengan *Azolla pinnata* memiliki kandungan protein kasar 24,14% dan serat kasar 12,24% (Yee *et al.*, 2022) dan tepung ubi jalar ungu memiliki kandungan serat kasar 2,40% dan protein kasar 6,44% (Nindiyarani *et al.*, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan potensi kombinasi tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu yang optimal sebagai konsentrat hijau dan memperoleh pencernaan dan produk fermentasi rumen terbaik. Budiasa *et al.* (2018) menyatakan bahwa menambahkan konsentrat pada ransum dapat memenuhi kebutuhan energi pada ternak sapi.

Kecernaan serat kasar dan protein kasar pada ransum melalui peninjauan metode *in vitro* mempengaruhi konsentrasi N-NH₃ dan VFA yang dihasilkan oleh rumen sapi (Mudita dan Wibawa, 2008). Dalam mengevaluasi kualitas bahan pakan sebelum diberikan pada ternak, dilakukan uji *in vitro* yang meniru proses pencernaan di rumen (Reza *et al.*, 2022). Menurut McDonald *et al.* (2002) bahwa cairan rumen, pencampuran sampel pakan, pH, suhu saat fermentasi, waktu inkubasi, ukuran partikel sampel, dan larutan penyangga mempengaruhi pencernaan secara *in vitro*.

Beever dan Mould (2000) menyatakan produk fermentasi rumen semuanya dapat langsung diserap melalui dinding rumen untuk dimetabolisme oleh

ternak. Menurut McDonald *et al.* (2002) bahwa VFA berfungsi sebagai sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Jumlah VFA ditentukan oleh proses fermentasi bahan pakan, pH rumen, tingkat kecernaan pakan, serta jumlah mikroorganisme rumen, diantaranya ada bakteri, protozoa, dan fungi dalam mendegradasi pakan pada rumen (Christiyanto *et al.*, 2021). Nitrogen ammonia (N-NH₃) adalah salah satu produk utama fermentasi protein pakan yang terjadi di rumen dengan bantuan mikroba rumen untuk menentukan jumlah protein yang mampu disintesa agar tidak terjadi kelebihan produksi N-NH₃ yang menyebabkan terjadinya keracunan pada ternak ruminansia (Rizki *et al.*, 2022).

Perkembangan bakteri pada rumen menyebabkan proses fermentasi berjalan dengan baik yang menunjukkan kondisi pH rumen yang normal. Angka lempeng total bakteri di rumen saling berkorelasi dengan pH, kandungan nutrisi pakan, suhu, tekanan osmotik, dan kapasitas buffer pada rumen sapi (Kamra, 2005). Pemberian konsentrat juga mampu mempengaruhi populasi bakteri dan pH pada rumen sapi (Ogata *et al.*, 2019).

MATERI METODE

Lokasi dan Periode Penelitian

Percobaan *in vitro* dilaksanakan di Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Udayana, serta dimulai bulan Maret hingga Juni 2024.

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian meliputi: tabung *in vitro*, *shakerbath*, gelas piala, pemanas pasir, kertas saring bebas abu, oven, pompa vakum, tanur listrik, desikator, cawan porselin, labu “Kjedhal”, desikator ICW (Ivan, Clack, White), kondensator, *spectrophotometer*, tabung spektri, erlenmeyer, pH meter.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi: cairan rumen sapi diperoleh pukul 03.00 Wita di RPH Pesanggaran, setelah dilakukan proses penyembelihan sapi bali dan disimpan pada termos yang telah diisi air hangat agar suhunya menyerupai rumen sapi sehingga cairan rumen tidak rusak selama proses mobilisasi.

Pembuatan tepung *Azolla pinnata* dimulai dari *Azolla pinnata* segar yang diperoleh di Desa Petak, Gianyar-Bali dicuci hingga tidak ada kotoran yang dapat mengkontaminasi, kemudian dikeringkan sinar matahari dan dikeringkan oven pada suhu 110^o C lalu digiling hingga berbentuk *mesh* atau tepung.

Limbah ubi jalar ungu diperoleh melalui produk hasil sampingan pembuatan wine. Ubi jalar ungu segar direbus lalu air rebusan ubi jalar ungu merupakan produk utama yang digunakan dalam proses pewarnaan pada pembuatan wine dan limbahnya yang keseluruhannya merupakan biomassa dari ubi jalar ungu digunakan sebagai konsentrat hijau dengan cara dikeringkan sinar matahari dan dikeringkan oven pada suhu 110°C lalu digiling hingga berbentuk *mesh* atau tepung.

Rancangan Percobaan

Percobaan pada penelitian ini memanfaatkan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas:

- P1 = 80% tepung *Azolla pinnata* + 20% tepung limbah ubi jalar ungu
- P2 = 60% tepung *Azolla pinnata* + 40% tepung limbah ubi jalar ungu
- P3 = 40% tepung *Azolla pinnata* + 60% tepung limbah ubi jalar ungu
- P4 = 20% tepung *Azolla pinnata* + 80% tepung limbah ubi jalar ungu

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang diamati adalah pencernaan serat kasar, protein kasar, dan produk fermentasi rumen ditentukan berdasarkan data *in vitro*.

Metode penentuan kadar serat kasar menggunakan metode AOAC (1980). Penghitungan serat kasar menggunakan rumus berikut.

$$\text{Kadar serat kasar(\%)} = \frac{(C - D - B)}{A \text{ (mg)}} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat sampel (g)

B = berat kertas saring oven 105° sampai 110° C (g)

C = berat cawan + kertas saring + residu oven 105° sampai 110° C (g)

D = berat cawan + residu tanur 500° sampai 600° C (g)

Analisis kandungan protein kasar menggunakan metode semi-mikro Kjeldhal. Kadar protein dianalisis dengan rumus berikut.

$$\text{Kadar protein kasar} = \frac{(A - B) \times 0,1 \times 14 \times 6,24}{\text{berat sampel (mg)}} \times 100\%$$

Keterangan:

A = volume HCl titrasi sampel (ml)

B = volume HCl titrasi blanko (ml)

0,1 = normalitas titrator (HCl)

14 = ekuivalen nitrogen (mg)

6,25 = faktor protein

Pengukuran VFA (asam lemak terbang) dilakukan dengan metode General Laboratory Procedure (1966), pengukuran N-NH₃ menggunakan metode *phenolhypochlorite* yang dianalisis menggunakan *Spectrophotometer* menurut Solorzano (1969), dan penentuan keasaman atau pH cairan rumen menggunakan alat pH meter.

Analisis Data

Perolehan data dianalisis dengan ragam univariat. Jika ada hasil yang berbeda nyata ($P < 0,05$) pada nilai rata – rata perlakuan, maka ditinjau menggunakan uji BNT pada taraf 5%. Untuk memperoleh kombinasi *Azolla pinnata* dengan limbah tepung ubi jalar ungu yang optimal digunakan analisis uji Duncan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi *Azolla pinnata* dengan limbah ubi jalar ungu menghasilkan pencernaan serat kasar (KcSK), pencernaan protein kasar (KcPK), dan produk fermentasi rumen seperti tersaji pada Tabel 1.

Kecernaan Serat Kasar dan Protein Kasar

Kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu memberikan perubahan yang nyata terhadap pencernaan yang telah diuji secara *in vitro*. Terjadi kecenderungan, dimana semakin rendah persentase tepung *Azolla pinnata* dan semakin tinggi persentase tepung limbah ubi jalar ungu (P4), menyebabkan pencernaan serat kasar yang nyata ($P < 0,05$) lebih tinggi 77,29% dibandingkan perlakuan P1 (Tabel 1). Pada P2, P3, dan P4 adalah 57,73%, 69,24%, dan 71,52% lebih tinggi secara statistik dan

Tabel 1. Kombinasi *Azolla pinnata* dan limbah ubi jalar ungu ditinjau dari pencernaan dan produk fermentasi rumen

Variabel	Perlakuan (±sd)			
	P1	P2	P3	P4
KcSK(%)	40,34 b ± 68	57,73 a ± 7	69,24 a ± 92	71,52 a ± 219
KcPK(%)	58,65 b ± 46,23	61,06 b ± 87,66	72,57 ab ± 10,18	76,64 a ± 40,48
VFA (mMol)	106,94 a ± 1196,09	117,91 a ± 700,98	136,42 a ± 1912,30	100,68 a ± 531,75
N-NH ₃ (mMol)	10,5 a ± 5,46	10,85 a ± 21,03	10,55 a ± 40,74	9,14 a ± 13,84
pH awal	6,40 a ± 0,05	6,42 a ± 0,05	6,63 a ± 0,21	6,71 a ± 0,13
pH akhir	5,79 b ± 0	6,26 a ± 0,19	6,65 a ± 0,01	6,50 a ± 0,05

Keterangan:

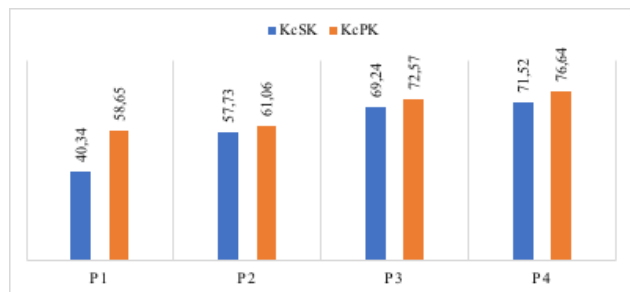
P1 = 80% tepung *Azolla pinnata* + 20% tepung limbah ubi jalar ungu

P2 = 60% tepung *Azolla pinnata* + 40% tepung limbah ubi jalar ungu

P3 = 40% tepung *Azolla pinnata* + 60% tepung limbah ubi jalar ungu

P4 = 20% tepung *Azolla pinnata* + 80% tepung limbah ubi jalar ungu

tidak terjadi perbedaan yang nyata ($P>0,05$) pada ketiga perlakuan ini.



Gambar 1. Kecernaan serat kasar dan protein kasar

Trend peningkatan kecernaan serat kasar terlihat pada Gambar 1, dimana kecernaan serat kasar tertinggi dihasilkan oleh kombinasi 20% tepung *Azolla pinnata* dan 80% tepung limbah ubi jalar ungu (P4). Hal tersebut disebabkan oleh kandungan serat kasar limbah ubi jalar ungu lebih rendah dibandingkan dengan kandungan serat kasar *Azolla pinnata*. Kandungan serat kasar tepung ubi jalar ungu hanya mencapai 2,40% (Nindiyarani *et al.*, 2011) dan menurut Yee *et al.* (2022) kandungan serat kasar *Azolla pinnata* 12,24%. Kandungan serat kasar lebih rendah menyebabkan kecernaan serat kasar meningkat sesuai pendapat Prawitasari *et al.* (2012) bahwa semakin rendah kandungan serat kasar pada ransum maka semakin tinggi kecernaan yang dihasilkan. Pemberian 20% *Azolla pinnata* dalam bentuk *sun-dried* atau kering matahari pada kambing perah menghasilkan kecernaan serat kasar hingga 66,34% (Hassanein *et al.*, 2023). Kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu hasil penelitian ini mempunyai potensi untuk digunakan sebagai konsentrat hijau ditinjau dari serat kasarnya. Kristina *et al.* (2020) menyatakan pemberian konsentrat yang tinggi pada ransum menyebabkan semakin meningkatnya kecernaan serat kasar yang terbentuk.

Semakin rendah persentase *Azolla pinnata*, maka semakin tinggi kecernaan protein kasar yang terbentuk, dan persentase tepung limbah ubi jalar ungu yang semakin meningkat menghasilkan kecernaan protein kasar yang tinggi. Persentase tepung limbah ubi jalar ungu tertinggi dan persentase tepung *Azolla pinnata* terendah, menghasilkan kecernaan yang nyata ($P<0,05$) lebih tinggi dibandingkan perlakuan P1, P2, namun tidak terjadi perbedaan yang nyata ($P>0,05$) pada perlakuan P3 (Tabel 1).

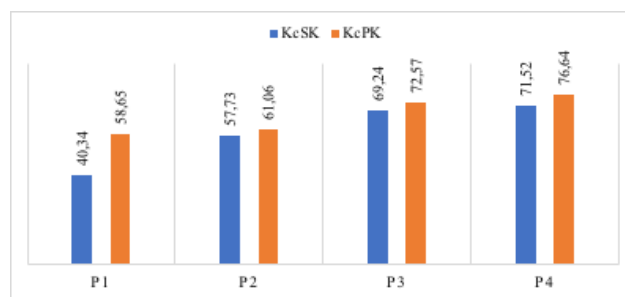
Kecernaan protein kasar terendah yaitu 58,65% dihasilkan oleh kombinasi 80% tepung *Azolla pinnata* dan 20% tepung limbah ubi jalar ungu (P1) seperti terlihat pada Gambar 1. Semakin tinggi persenta-

se kandungan tepung *Azolla pinnata* dan semakin rendah persentase tepung limbah ubi jalar ungu, menghasilkan kecernaan yang tidak berbeda nyata ($P>0,05$) pada perlakuan P2 dan P3 yaitu 61,06% dan 72,57% (Tabel 1). Meningkatnya kecernaan protein menyebabkan tingkat penyerapan yang semakin tinggi pada saluran pencernaan sapi (Gultom *et al.*, 2016). Pendapat Yee *et al.* (2022) bahwa kandungan protein kasar *Azolla pinnata* adalah 24,14%, sehingga dengan persentase *Azolla pinnata* yang rendah mampu menghasilkan kecernaan protein kasar yang tinggi. Kecernaan hasil sejalan dengan penelitian Hassanein *et al.* (2023) yang menambahkan 20% *Azolla pinnata* pada pakan kambing perah mampu menghasilkan kecernaan protein kasar hingga 78,94%.

Produk Fermentasi Rumen

Dilihat dari produk fermentasi rumen yang dihasilkan, maka proses fermentasi dengan adanya kombinasi tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu pada beberapa level masih berada pada rentang normal, dimana hasil dari produk fermentasi rumen akan menentukan kualitas kinerja pakan yang mampu dimetabolisme oleh tubuh ternak (Sanjorjo *et al.*, 2023).

Pada kombinasi 40% tepung *Azolla pinnata* dan 60% tepung limbah ubi jalar ungu (P3) secara *in vitro* menghasilkan *volatile fatty acid* (VFA) tertinggi, yaitu 136,42 mMol (Gambar 2).

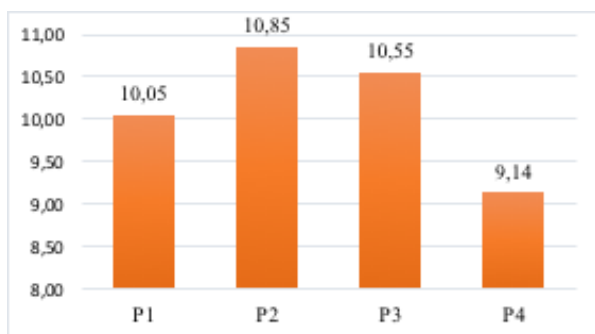


Gambar 2. Volatile Fatty Acid (VFA)

Volatile fatty acid pada P1, P2, P3, dan P4 masing – masing 106,94; 117,91; 136,42; dan 100,68 mMol secara statistik tidak terjadi perbedaan yang nyata ($P>0,05$) pada keempat perlakuan ini seperti terlihat pada Tabel 1. Kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu pada level P1, P2, P3, dan P4 menghasilkan VFA yang masih berada pada kisaran normal yaitu 100,68 - 136,42 mMol. France dan Dijkstra (2005) menyatakan konsentrasi VFA normal berkisar antara 70 hingga 130 mMol/L. Sedangkan menurut Sutardi (1979) bahwa konsentrasi VFA jumlahnya bervariasi antara 80 hingga 160 mMol. Kandungan protein dan karbohidrat pakan

mudah larut atau konsentrat dapat menggambarkan fermentabilitas pakan, memiliki kontribusi terhadap peningkatan konsentrasi VFA (Suryani *et al.*, 2013). Faktor yang dapat menentukan produk fermentasi rumen adalah waktu pemberian pakan, proses fermentasi rumen, bakteri, protozoa, dan fungi yang terdapat pada rumen (Christiyanto *et al.*, 2021). Fungsi dari VFA (*volatile fatty acid*) sebagai sumber energi utama hewan ruminansia (McDonald *et al.*, 2002).

Persentase tepung *Azolla pinnata* terendah dan presentase tepung limbah ubi jalar ungu tertinggi menghasilkan konsentrasi N-NH₃ terendah, yaitu 9,14 mMol (Gambar 3). N-NH₃ pada P1, P2, P3, dan P4 masing – masing 10,05, 10,85, 10,55, dan 9,14 mMol secara statistik tidak terjadi perbedaan yang nyata ($P>0,05$) pada keempat perlakuan ini seperti terlihat pada Tabel 1.



Gambar 3. N-NH₃

Konsentrasi N-NH₃ pada kombinasi tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu secara *in vitro* memberikan hasil pada kisaran normal antara 9,14 - 10,85 mMol. Hasil tersebut sejalan dengan pendapat McDonald *et al.* (2002) bahwa konsentrasi normal N-NH₃ berkisar antara 6 hingga 21 mMol. Jumlah N-NH₃ dalam rumen, menentukan sifat degradasi terhadap protein dan meminimalisir terjadinya kelebihan produksi N-NH₃ agar tidak menyebabkan keracunan pada ternak (Rizki *et al.*, 2022).

Kombinasi 20% tepung *Azolla pinnata* dan 80% tepung limbah ubi jalar ungu (P4) menghasilkan pH awal tertinggi, yaitu 6,71 (Gambar 4). Semua kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu menghasilkan pH yang berbeda, namun demikian tidak berbeda nyata ($P>0,05$) secara statistik.



Gambar 4. pH awal dan akhir

Kombinasi 80% tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu 20% (P1) menghasilkan pH akhir terendah yaitu 5,79 (Gambar 4). Semakin tinggi persentase tepung *Azolla pinnata* dan semakin rendah persentase tepung limbah ubi jalar ungu, menghasilkan pH akhir nyata berbeda ($P<0,05$) lebih rendah dibandingkan perlakuan P2, P3, dan P4 (Tabel 1). Perlakuan P2, P3, dan P4 memiliki pH akhir masing-masing 6,26; 6,65; dan 6,50 secara statistik tidak berbeda yang nyata ($P>0,05$) pada ketiga perlakuan ini.

Kondisi pH rumen mempengaruhi perkembangan mikroba yang dapat membantu proses pencernaan rumen. Sebelum dilakukan proses *in vitro*, kondisi pH cairan rumen berada pada rentang normal yaitu 6,40 hingga 6,71. Sesuai dengan pendapat Mirahsanti *et al.* (2022) bahwa sapi bali memiliki rumen dengan pH berkisar antara 6,8 hingga 7. Kombinasi tepung *Azolla pinnata* dengan tepung limbah ubi jalar ungu menghasilkan pH atau derajat keasaman 5,79 hingga 6,65. Kondisi tersebut sejalan dengan pendapat Lampila dan Poijärvi (1959) bahwa pH rumen yang berkisar antara 5,0 hingga 6,8 mampu menghasilkan lebih banyak *volatile fatty acid* (VFA).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa kombinasi tepung *Azolla pinnata* dan tepung limbah ubi jalar ungu memiliki potensi sebagai konsentrat hijau. Kombinasi 20% tepung *Azolla pinnata* dan 80% tepung limbah ubi jalar ungu menghasilkan pencernaan serat kasar, pencernaan protein kasar tertinggi, serta produk fermentasi memenuhi standar untuk proses fermentasi rumen yang normal.

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengujian konsentrat hijau secara *in vitro* adalah dapat melanjutkan penelitian dengan pengujian secara *in vivo* untuk mengevaluasi efektivitas dan keamanan dalam kondisi biologis yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, L. 2014. Mewujudkan konsentrat hijau dalam industri baru pakan untuk mendorong kemandirian pakan dan daya saing peternakan nasional. In Orasi Ilmiah Guru Besar IPB (pp. 3–18).
- Beever, D. E. dan F. L. Mould. 2000. Forage Evaluation In Ruminant Nutrition. CABI Publishing, London.
- Budiasa, M., N. N. Suryani, dan W. Suarna. 2018. Imbangan hijauan dan konsentrat dalam ransum terhadap respon fermentasi rumen dan sintesis protein mikroba pedet sapi bali calon indukheifer calves. Majalah Ilmiah Peternakan. 21(2): 1–15.

- Chiba, L. I. 2009. Animal Nutrition Handbook. Second Revision.
- Christiyanto, M., I. Munarifdah, C. Setya, S. H. Soedarto. 2021. Volatile fatty acids dan amonia litter ayam fermentasi dengan lama peram yang berbeda *secara in vitro*. JITP. 9(2): 69–74.
- France, J. dan J. Dijkstra. 2005. Volatile Fatty Acid Production. Quantitative Aspect of Ruminant Digestion and Metabolism. <https://cabidigitallibrary.org> diunduh 12 Januari 2024.
- General Laboratory Procedure. 1966. In Standars Laboratory Conference.
- Gultom, E. P., T. H. Wahyuni, dan D. Ma'ruf Tafsir. 2016. Kecernaan serat kasar dan protein kasar ransum yang mengandung pelepah daun kelapa sawit dengan perlakuan fisik, biologis, kimia, dan kombinasinya pada domba. Jurnal Peternakan Integratif. 4(2): 193–202.
- Hassanein, H. A. M., M. Aristide, H. A. E. F. Magdy H., D. P. Pasquale, A. E. S. Heba, M. H. Ahmed, dan Z. M. S. Abdelfattah. 2023. Inclusion of *Azolla pinnata* as an unconventional feed of Zaraibi dairy goats, and effects on milk production and offspring performance. Frontiers in Veterinary Science. 10: 1–8.
- Kamra, D. N. 2005. Rumen microbial ecosystem. Special section: microbial diversity. Current Science. 89(1): 124–135.
- Kristina, N. L. P., N. Mariani, dan T. I. Putri. 2020. Pengaruh pemberian konsentrat terhadap pencernaan nutrisi pada sapi bali induk pasca melahirkan. Jurnal Peternakan Tropika. 8(2): 279–292.
- Lampila, M., dan I. Poijärvi. 1959. The formation of volatile fatty acids in the rumen contents of cows in vivo and in vitro. Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 31: 315–320.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, M. E. Greenhalgh, dan M. S. Wilkinson. 2002. Animal Nutrition. Prentice Hall. www.pearson-books.com diunduh 12 Januari 2024.
- Mirahsanti, N. P. N., I. G. K. Suarjana, dan I. N. K. Besung. 2022. Angka lempeng total bakteri dan pH pada cairan rumen sapi bali jantan yang dipotong di rumah pemotongan hewan Pesanggaran. Buletin Veteriner Udayana. 446. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2022.v14.i05.p01> diunduh 11 Desember 2023.
- Mudita, I. M. dan A. A. P. P. Wibawa. 2008. Evaluasi kualitas dan pencernaan nutrisi secara in vitro ransum sapi berbasis bahan lokal asal limbah yang difermentasi cairan rumen dan enzim optyzim.
- Nindyarani, A. K., Sutardi dan Suparmo. 2011. Karakteristik kimia, fisik, dan inderawi ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* P.) dan produk olahannya. Agritech. 31(4): 273–280.
- Ogata, T., Y. H. Kim, T. Masaki, E. Iwamoto, Y. Ohtani, T. Orihashi, T., Ichijo, dan S. Sato. 2019. Effects of an increased concentrate diet on rumen pH and the bacterial community in Japanese black beef cattle at different fattening stages. Journal of Veterinary Medical Science. 81(7): 968–974. <https://doi.org/10.1292/jvms.19-0077> diunduh 11 Desember 2023.
- Peraturan No. 46/Permentan/PK.210/8/2015. 2015. Pedoman Budi Daya Sapi Potong Yang Baik.
- Prawitasari, R. H., V. D. Y. B. Ismadi, dan I. Estiningdriati. 2012. Kecernaan protein kasar dan serat kasar serta laju digesta pada ayam arab yang diberi ransum dengan berbagai level *Azolla microphylla*. Animal Agriculture Journal. 1(1): 471–483. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/aaaj> diunduh 26 Desember 2023.
- Rizki, A., T. Saputro, F. M. Suhartati, dan E. A. Rimba-wanto. 2022. Produk fermentasi rumen sapi potong secara in vitro yang diberi pakan silase daun nanas sebagai pengganti rumput gajah. Journal of Animal Science and Technology. 4(1): 105–114.
- Sanjorjo, R. A., T. Tseten, M. K. Kang, M. Kwon, dan S. W. Kim. 2023. In Pursuit of Understanding the Rumen Microbiome. In Fermentation. 9(2): 1–5. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020114> diunduh 11 Desember 2023.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. In Limnology and Oceanography. 14(5): 799–801. <https://doi.org/10.4319/l.1969.14.5.0799> diunduh 27 Desember 2023.
- Suryani, N. N., Budiasa K. M., dan Astawa P. A. 2013. Suplementasi gamal sebagai rumen degradable protein (RDP) untuk meningkatkan pencernaan (in vitro) ransum ternak ruminansia yang mengandung jerami padi. Majalah Ilmiah Peternakan. 16(1): 1–5.
- Sutardi, T. 1979. Ketahanan protein bahan makanan terhadap degradasi oleh mikroba rumen dan manfaatnya bagi peningkatan produktivitas ternak. Pros. Seminar Penelitian Penunjang Peternakan, LPP. Bogor.
- Yee, J. T., N. A. Kamaruddin, N. A., dan S. S. S. Mohamad. 2022. Nutritional evaluation of *Azolla pinnata* and *Azolla microphylla* as feed supplements for dairy ruminants. Journal Of Agrobiotechnology. 13(1): <https://doi.org/10.37231/jab.2022.13.1s.314> diunduh 22 November 2023.