

Fermentabilitas dan Kecernaan Ransum Domba yang Mengandung Karbon Aktif Sekam Padi secara *In Vitro*

(IN VITRO FERMENTABILITY AND DIGESTIBILITY OF SHEEP RATIONS CONTAINING ACTIVATED CARBON FROM RICE HUSK)

Widi Ahmad Maulana¹, Atun Budiman², Iman Hernaman³

¹Program Studi Sarjana Peternakan,

²Departemen Nutrisi Ternak dan Teknologi Pakan

³Departemen Nutrisi Ternak dan Teknologi Pakan

Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran,

Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah,
Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 45363

Email: widi21001@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

Activated carbon is a material containing carbon with a highly porous structure and potential as a feed additive. Activated carbon acts as a buffer by binding hydrogen ions, thereby neutralizing the decreased pH in the rumen and optimizing digestion within the rumen. This study was aimed to investigate the effect of adding activated carbon from rice husks at three different doses (0%, 2.5% and 5%) of the total ration based on dry matter (DM) on fermentability (volatile fatty acids (VFA, mM), ammonia (NH₃, mM)), digestibility (dry matter digestibility (DMD, %), organic matter digestibility (OMD, %)), and rumen pH. The study was conducted experimentally using a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and each treatment consist of six replications. The research data were statistically analyzed using Analysis of variance and Duncan's Multiple Range Test. The results showed that the addition of activated carbon from rice husks at the 2.5% level had a significant effect ($P \leq 0.05$) on fermentability (VFA) and digestibility (DMD, OMD) and at the 5% level, it had a significant effect ($P \leq 0.05$) on fermentability (NH₃), but no significant effect ($P > 0.05$) on rumen pH. The addition of activated carbon from rice husks at the 2.5% level increased digestibility of dry matter (DMD) and digestibility of organic matter (DOM) by 56.27% and 65.67%, respectively, while the addition at the 5% level produced the best fermentability with the highest VFA and NH₃ concentrations, namely 168.66 mM and 7.42 mM, although the fermentability values for all treatments were within the normal range for rumen microbial growth. The study concluded that the use of activated carbon from rice husks at the 2.5% level is the optimal level.

Keywords: fermentability; digestibility; *in vitro*; activated carbon from rice husks

ABSTRAK

Karbon aktif adalah suatu bahan yang mengandung unsur karbon dengan struktur berpori yang sangat luas dan berpotensi sebagai pakan aditif. Karbon aktif berperan sebagai *buffer* karena mampu mengikat ion hidrogen, sehingga dapat menetralkan pH rumen yang turun serta mengoptimalkan pencernaan dalam rumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif sekam padi dalam tiga dosis yang berbeda (0%, 2,5% dan 5%) dari total ransum berdasarkan bahan kering (BK) terhadap fermentabilitas (asam lemak terbang (*Volatile Fatty Acids*, mM), amonia (NH₃, mM)), pencernaan (kecernaan bahan kering (KcBK, %), kecernaan bahan organik (KcBO, %)) serta tingkat keasaman (pH) rumen. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan setiap perlakuan terdiri atas enam ulangan. Data penelitian dianalisis secara statistika menggunakan Uji Sidik Ragam dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan bila ada perbedaan yang nyata antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan karbon aktif sekam padi pada taraf 2,5% berpengaruh nyata ($P \leq 0.05$) terhadap fermentabilitas (VFA) dan kecernaan (KcBK, KcBO) serta pada taraf 5% berpengaruh nyata ($P \leq 0.05$) terhadap fermentabilitas (NH₃), namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap pH rumen. Penambahan karbon aktif sekam padi pada taraf 2,5% mampu meningkatkan KcBK dan KcBO dengan KcBK sebesar 56,27% dan KcBO sebesar 65,67%, sedangkan penambahan pada taraf 5% mampu menghasilkan fermentabilitas yang terbaik dengan nilai konsentrasi VFA dan NH₃ tertinggi, yaitu 168,66 mM dan 7,42 mM, meskipun nilai fermentabilitas untuk semua perlakuan dalam kisaran yang normal untuk pertumbuhan mikrob rumen. Hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan karbon aktif sekam padi pada taraf 2,5% merupakan taraf yang terbaik.

Kata-kata kunci: fermentabilitas; kecernaan; *in vitro*; karbon aktif sekam padi

PENDAHULUAN

Pakan merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam menentukan keberhasilan suatu usaha peternakan (Suroso *et al.*, 2023). Pakan menyumbang sebanyak 60-70% biaya produksi dalam usaha peternakan (Ediset *et al.*, 2023). Sumber utama pakan domba adalah hijauan. Pakan ternak yang berasal dari hijauan memiliki kandungan serat kasar tinggi sekitar 18%, tetapi memiliki kandungan energi yang rendah (Oktavia *et al.*, 2023). Pemberian hijauan saja belum bisa memenuhi kebutuhan nutrisi untuk produktivitas domba. Oleh karena itu, perlu adanya pakan tambahan yang dapat memenuhi kebutuhan nutrisi. Pakan yang diberikan kepada ternak dibuat dalam bentuk ransum, yaitu campuran hijauan dan konsentrat sebagai pakan penguat.

Konsentrat merupakan campuran dua

bahan pakan atau lebih yang memiliki kandungan serat kasar rendah, energi yang tinggi dan mudah dicerna oleh ternak (Christi *et al.*, 2018). Pemberian konsentrat sebagai pakan penguat pada pakan domba dapat meningkatkan kandungan gizi pakan, efisiensi pakan serta kecernaan pakan sehingga memberikan pengaruh terhadap kinerja dan produktivitas ternak (Kundau dan Tantalo, 2014). Keuntungan pemberian pakan konsentrat adalah mikroorganisme dalam rumen cenderung memanfaatkan pakan konsentrat terlebih dahulu sebagai sumber energi kemudian dapat memanfaatkan pakan serat kasar, hal tersebut memungkinkan mikroorganisme rumen berkembang lebih mudah dan lebih cepat (Hendriana *et al.*, 2019). Namun, pemberian konsentrat dalam ransum juga memiliki kerugian, yaitu dapat menurunkan pH rumen serta meningkatkan kandungan

asam lemak asiri atau *volatile fatty acid* (VFA) dan amonia (NH_3). Konsentrasi VFA yang baik untuk pertumbuhan mikrob di dalam rumen berkisar antara 80-160 mM (Filasari *et al.*, 2019) dan (Widiana *et al.*, 2014). Konsentrasi VFA yang terlalu tinggi dapat mengganggu keseimbangan rumen karena terjadi penurunan kandungan pH cairan rumen (Rahayu *et al.*, 2018). Sementara itu, konsentrasi NH_3 yang baik untuk kehidupan mikrob rumen berkisar antara 4-12 mM (Hapsari *et al.*, 2018). Konsentrasi NH_3 yang terlalu tinggi di dalam rumen dapat menyebabkan toksik atau keracunan dan penggunaannya tidak efisien (Ma-yasari, 2015). Derajat keasaman (pH) rumen yang rendah dapat mengganggu aktivitas mikrob rumen terutama bakteri selulolitik yang berperan dalam mencerna serat sehingga proses fermentasi dan pencernaan serat dapat terganggu (Hapsari *et al.*, 2018). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menstabilkan kondisi rumen dengan cara menambahkan pakan aditif sebagai agen *buffer*. Salah satunya adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung unsur karbon (C) 85-95% (Dewi *et al.*, 2020). Karbon aktif terbuat dari bahan baku yang mengandung karbon, baik berasal dari tanaman ataupun lainnya seperti tempurung kelapa, kayu dan sekam padi. Sekam padi mengandung karbon yang tinggi, yaitu sebesar 37,5%, sehingga berpotensi sebagai bahan pembuatan karbon aktif (Yuliyati, 2018). Proses pembuatan karbon aktif melalui dua tahapan, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi adalah proses pembentukan karbon dari bahan baku dan proses pemanasan secara sempurna pada suhu 400-600°C, kemudian aktivasi adalah proses perubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi (Dewi *et al.*, 2020).

Karbon aktif memiliki kemampuan sebagai adsorben, yaitu kemampuan untuk menarik dan menahan molekul zat lain pada permukaannya. Hal tersebut karena karbon aktif memiliki pori dan luas permukaan sebagai tempat menyerap partikel (Syamboga dan Budianto, 2021). Karbon aktif

memiliki struktur mikropori, mesopori, dan makropori dalam strukturnya. Struktur tersebut memiliki peranan penting dalam menentukan kinerja karbon aktif sebagai adsorben (Wahyuni *et al.*, 2024). Adsorben adalah padatan tempat zat terakumulasi sedangkan adsorbat adalah zat yang diadsorpsi (Abdulrahman *et al.*, 2020). Adapun adsorpsi ialah proses dimana atom atau molekul dari suatu zat melekat pada permukaan zat lain akibat ketidakseimbangan gaya di permukaan tersebut. (Anggriani *et al.*, 2021). Tingginya kemampuan menyerap karbon aktif disebabkan karena banyaknya pori-pori dalam karbon yang dapat memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan (Rohmah dan Redjeki, 2014).

Karbon aktif memiliki berbagai peran yaitu dapat dengan mudah mengikat dan melepaskan hidrogen melalui mekanisme adsorpsi (Alhamidi *et al.*, 2019). Ion hidrogen yang terlalu berlebih di dalam rumen dapat menyebabkan penurunan pH, tetapi dengan penambahan karbon aktif dapat mengikat ion hidrogen oleh ion karbon sehingga pH rumen tetap stabil (Garillo *et al.*, 1995). Kondisi pH normal dalam rumen yakni dengan tingkat keasaman 6-7 dapat mendukung ekologi pertumbuhan mikrob rumen dan melakukan aktivitas mendegradasi pakan, sehingga pencernaan turut meningkat (Mirahsanti *et al.*, 2022). Selain itu, kondisi pH rumen yang normal menciptakan suasana lingkungan rumen yang stabil serta mendukung aktivitas mikrob rumen (bakteri selulolitik) secara optimum dalam memfermentasi pakan terutama karbohidrat menjadi VFA dan protein menjadi NH_3 .

Penggunaan karbon aktif dalam ransum ternak perlu dibatasi karena dosis yang tinggi berisiko dapat mengikat nutrisi yang dibutuhkan oleh ternak menyebabkan pencernaan menurun. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif pada level tertentu memberikan dampak positif terhadap performa ternak. Al-Azzawi *et al.* (2021) menyatakan bahwa penambahan karbon aktif pada pakan dapat

mengurangi emisi gas rumah kaca dan metana (CH_4) serta meningkatkan kualitas dan kuantitas susu sapi perah. Pada domba, penelitian mengenai penambahan karbon aktif yang berasal dari sekam padi belum banyak dilaporkan terutama terhadap pencernaan dan fermentabilitas di dalam rumen. Sebagai acuan untuk menentukan dosis yang sesuai, digunakan hasil penelitian yang melibatkan bahan yang memiliki sifat adsorben, yaitu *zeolit*. Salah satunya yaitu laporan penelitian Siagian *et al.* (2006) menunjukkan bahwa penggunaan zeolit pada pakan dengan dosis 2,5-5,0% dari total ransum dapat meningkatkan produksi susu 4% *Fat Corrected Milk* (FCM), menaikkan pH dan menurunkan kadar nitrogen ammonia (N-NH_3) cairan rumen serta meningkatkan koefisien cerna bahan organik (KcBO) dibandingkan dengan sapi perah yang tidak diberi tambahan zeolit sebagai adsorben dalam pakan. Oleh karena itu, penelitian ini menguji tiga dosis penambahan karbon aktif sekam padi pada level 0%, 2,5% dan 5% dari total ransum domba untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan karbon aktif sebagai pakan aditif dalam ransum serta menentukan level optimum karbon aktif terhadap fermentabilitas dan pencernaan domba.

METODE PENELITIAN

Ransum Percobaan

Ransum yang digunakan dalam penelitian adalah campuran dari hijauan (rumput odot/*Dwarf Elephant Grass*), pakan penguat (konsentrat) dan karbon aktif dari sekam padi. Rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv Mott,) yang digunakan diperoleh dari Kebun Rumput Odot di sekitar Universitas Padjadjaran. Konsentrat yang digunakan diperoleh dari CV. Kurnia Mekar Raharja, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Sementara itu, karbon aktif sekam padi yang digunakan diperoleh dari produsen karbon aktif di Kota Bandung.

Rumput dan konsentrat dikeringkan terlebih dahulu melalui proses penjemuran di bawah terik sinar matahari hingga didapatkan rumput dan konsentrat dalam kondisi kering jemur. Selanjutnya dilakukan proses peng-

gilingan dengan menggunakan mesin giling palu (*hammer mill*). Setelah itu, ransum dibuat dengan men-campurkan antara hijauan, konsentrat serta karbon aktif sesuai dengan perlakuan dengan tingkat penggunaan karbon aktif dalam ransum yang berbeda-beda, yaitu sebanyak 0%, 2,5% dan 5% berdasarkan bahan kering (BK). Ransum yang sudah siap, digunakan dalam pengujian *in vitro*. Komposisi ransum penelitian dan kandungan zat pakan-nya disajikan pada Tabel 1.

Cairan Rumen Domba

Cairan rumen yang digunakan dalam penelitian berasal dari domba jantan. Cairan rumen diperoleh langsung dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH) khusus ternak domba yang berada di Jatinangor, Kabupaten Sumedang. Cairan rumen diambil dengan memeras isi (digesta) rumen menggunakan kain kasa atau muslin. Termos (wadah sampel) yang telah diisi dengan air panas, kemudian dibuang airnya dan diganti dengan cairan rumen. Cairan rumen diambil dari dua domba yang berbeda dengan masing-masing cairan rumen disimpan pada termos berbeda sampai penuh dan tidak menyisakan ruang kosong dalam termos tersebut.

Prosedur Pengujian *In Vitro*

Prosedur pelaksanaan *in vitro* mengacu pada metode yang telah dilaporkan oleh Hernaman *et al.* (2015). Sampel bahan pakan sebanyak 0,5 g ditimbang dan dimasukkan pada setiap tabung fermentor, kemudian dimasukkan saliva buatan sebanyak 40 mL dan cairan rumen domba sebanyak 10 mL ke dalam masing-masing tabung fermentor yang telah berisi sampel. Selanjutnya, dialirkan gas karbon dioksida (CO_2) ke dalam tabung fermentor, kemudian tabung fermentor tersebut ditutup dengan menggunakan tutup karet berpentil. Tabung fermentor tersebut dimasukkan ke dalam rak yang telah tersedia di dalam penangas air (*waterbath*) dengan pengaturan suhu 38-40°C untuk diinkubasi.

Inkubasi pertama dilakukan selama 24 jam dengan dilakukan pengocokkan

setiap 3 jam sekali, kemudian disiapkan untuk pengukuran VFA dan NH_3 . Pengukuran VFA dilakukan dengan menggunakan metode destilasi uap, sedangkan pengukuran NH_3 dilakukan dengan menggunakan metode mikrodifusi menggunakan cawan conway (Zahera *et al.*, 2020).

Inkubasi kedua dilakukan setelah proses pemisahan residu dengan supernatan. Cairan residu dimasukkan kembali ke dalam tabung fermentor, kemudian ditambahkan sebanyak 50 mL larutan pepsin HCl. Tabung fermentor ditutup kembali dengan menggunakan tutup berpentil dan diinkubasi kembali selama 48 jam dengan dilakukan pengocokan selama 6 jam sekali. Setelah 48 jam, tabung fermentor dibuka dan dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring whatman No. 41 yang bobotnya sudah diketahui sebelumnya. Tabung fermentor dibilas menggunakan aquades hingga bersih, tidak ada residu yang tersisa di dalamnya. Selanjutnya, kertas saring whatman No. 41 berisi residu diambil untuk dilakukan proses analisis KcBK dan KcBO (Amatullah *et al.*, 2022).

Prosedur Pengukuran Konsentrasi Volatile Fatty Acid (VFA)

Pengukuran konsentrasi VFA dilakukan dengan menggunakan metode destilasi uap (Zahera *et al.*, 2020). Supernatan sebanyak 5 mL dan asam sulfat (H_2SO_4) 15% sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung destilasi lalu ditutup. Kemudian, dilanjutkan dengan proses distilasi. Proses distilasi dilakukan dengan cara menghubungkan tabung dengan labu yang berisi air mendidih. Uap air panas yang terbentuk mendesak VFA dan terkondensasi di dalam pendingin. Hasil destilasi ditampung dalam labu erlenmeyer 500 mL yang telah diisi 5 mL natrium oksida (NaOH) 0,5 N. Proses destilasi dinyatakan selesai jika volume yang tertampung sudah mencapai 200 mL. Kemudian, indikator fenolftalein (PP) ditambahkan sebanyak 2-3 tetes dan dititrasi dengan asam klorida (HCl) 0,5 N sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi bening. Konsentrasi VFA dapat diukur dengan rumus: $\text{VFA (mM)} = (a-b) \times N_{\text{HCl}} \times 1.000 \times 0,2$. Dalam hal ini, a: Volume

titran blanko, b: Volume titran sampel.

Prosedur Pengukuran Konsentrasi NH_3

Pengukuran NH_3 dilakukan menggunakan metode mikrodifusi dengan cawan conway (Zahera *et al.*, 2020). Cawan conway yang digunakan untuk analisis NH_3 diolesi, kemudian dimasukkan 1 mL asam borat 5% yang berindikator metil merah-bromocresol hijau ke dalam cawan kecil yang berada di bagian tengah cawan conway dengan menggunakan pipet. Selanjutnya, 1 mL supernatan ditempatkan ke salah satu ruang sekat dan 1 mL NaOH jenuh dimasukkan ke sisi yang berbeda di ruang yang sama dengan posisi cawan conway dimiringkan agar kedua larutan tersebut tidak bercampur, kemudian ditutup rapat sehingga kedap udara. Selanjutnya, dilakukan pengadukan seperti angka delapan agar larutan NaOH dengan supernatan tercampur rata (homogen) dan disimpan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah 24 jam, NH_3 yang telah dirombak oleh NaOH dititrasi dengan H_2SO_4 0,005 N sampai terjadi perubahan warna dari warna hitam kebiru-biruan menjadi merah muda. Konsentrasi NH_3 dapat diukur dengan rumus: $\text{NH}_3 \text{ (mM)} = (V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 1.000) \text{ mM}$. Dalam hal ini, $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: Volume H_2SO_4 yang terpakai untuk titrasi (mL) $N_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: N: normalitas

Prosedur Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH cairan rumen yang telah difermentasi diukur dengan menggunakan pH meter. Pengukuran pH dilakukan setelah 24 jam inkubasi. Pertama, pH meter dilakukan standarisasi menggunakan larutan *buffer* pada pH 7 selama ± 10 menit, kemudian dengan larutan *buffer* pada pH 4 selama ± 10 menit. Bagian katoda dice-lupkan ke dalam larutan hingga angka dalam pH meter bernilai konstan. Angka pada pH meter dicatat sebagai nilai pH cairan rumen (Hernaman *et al.*, 2015)

Prosedur Pengukuran Kecernaan Bahan Kering (KcBK) dan Kecernaan Bahan Organik (KcBO)

Pengukuran kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik dilakukan dengan menggunakan metode yang dijelaskan oleh Amatullah *et al.*, 2022. Sampel bahan pakan sebanyak 0,5 g ditimbang dan dimasukkan pada setiap tabung fermentor, kemudian dimasukkan saliva buatan sebanyak 40 mL dan cairan rumen domba sebanyak 10 mL ke dalam masing-masing tabung fermentor yang telah berisi sampel. Selanjutnya dialirkan Gas CO₂ ke dalam tabung fermentor dan ditutup dengan menggunakan tutup karet berpentil. Tabung fermentor tersebut dimasukkan ke dalam rak yang telah tersedia di dalam penangas air (*waterbath*) dengan pengaturan suhu 38-40°C untuk diinkubasi.

Setelah inkubasi selama 24 jam dengan pengocokan 3 jam sekali, ditetesi merkuri klorida (HgCl) jenuh 5 tetes, lalu disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm untuk memisahkan residu dan supernatan. Cairan supernatan diambil untuk kemudian dianalisis VFA dan NH₃. Cairan residu dimasukkan kembali ke dalam tabung fermentor, kemudian ditambahkan sebanyak 50 mL larutan pepsin HCl. Selanjutnya tabung fermentor ditutup kembali dengan menggunakan tutup berpentil, lalu diinkubasi kembali selama 48 jam sambil dilakukan pengocokan selama 6 jam sekali. Setelah 48 jam, tabung fermentor dibuka dan dilakukan penyarangan menggunakan kertas saring whatman No. 41 yang bobotnya sudah diketahui sebelumnya. Kemudian, kertas saring berisi residu dimasukkan ke dalam cawan aluminium dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Cawan aluminium dan residu hasil pengeringan disimpan dalam eksikator selama 15 menit, lalu ditimbang bobotnya untuk menentukan BK residu. Selanjutnya, BK residu dimasukkan ke dalam cawan porselen diabukan di dalam tanur dengan suhu 600°C selama 6 jam. Cawan porselen dan residu hasil pengabuan disimpan ke dalam eksikator selama 30 menit kemudian ditimbang bobotnya untuk menentukan BO

residu. Setelah itu, nilai kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik dihitung berdasarkan rumus: $KcBK\% = \frac{[BK \text{ awal} - (BK \text{ residu} - BK \text{ blanko})]}{BK \text{ awal}} \times 100\%$. Dalam hal ini, BK awal= Berat bahan kering sampel sebelum inkubasi, BK residu= Berat bahan kering sampel setelah inkubasi, BK blanko= Berat bahan kering setelah inkubasi tanpa perlakuan. Sementara itu $KcBO\% = \frac{[BO \text{ awal} - (BO \text{ residu} - BO \text{ blanko})]}{BO \text{ awal}} \times 100\%$. Dalam hal ini, BO awal= Berat bahan organik sampel sebelum inkubasi, BO residu= Berat bahan organik sampel setelah inkubasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *in vitro* dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan karbon aktif sekam padi dengan berbagai level pada ransum domba terhadap fermentabilitas dan kecernaan. Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan penambahan karbon aktif berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap fermentabilitas dan kecernaan, membuat konsentrasi VFA meningkat diikuti dengan penurunan konsentrasi NH₃ serta kecernaan bahan kering dan bahan organik yang turut meningkat. Namun, penambahan karbon aktif tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap pH cairan rumen.

Kecernaan bahan kering (KcBK) merupakan banyaknya bahan kering suatu pakan yang diserap ternak baik di dalam rumen maupun organ pencernaan di belakang rumen. Semakin tinggi nilai kecernaan bahan kering, maka semakin tinggi pula peluang nutrisi yang dapat dimanfaatkan ternak untuk pertumbuhannya, sementara itu semakin rendah nilai kecernaan bahan kering menunjukkan bahwa pakan tersebut belum memenuhi kebutuhan nutrisi untuk hidup pokok maupun tujuan produksi ternak (Jhena *et al.*, 2020).

Tabel 1. Ransum perlakuan dan kandungan zat makanannya

Bahan pakan	Persentase Perlakuan Ransum		
	P0	P1	P2
Rumput Odot	70,00	68,75	67,50
Konsentrat	30,00	28,75	27,50
Karbon Aktif	0,00	2,50	5,00
Total	100	100	100
Kandungan Zat Makanan			
Bahan kering	22,02	22,07	22,13
Abu	13,48	13,43	13,39
Lemak kasar	4,22	4,16	4,10
Serat kasar	22,65	22,82	22,99
Protein kasar	12,37	13,03	13,69
Bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN)	47,28	46,55	45,83
Total Digestible Nutrient (TDN)	56,22	56,25	56,28

Keterangan: Komposisi zat makanan didasarkan pada perhitungan 100% bahan kering (BK); dosis penambahan karbon aktif sekam padi pada level 0% (P0), 2,5% (P1) dan 5% (P2)

Tabel 2. Rataan nilai Kecernaan Bahan Kering, Kecernaan Bahan Organik, *volatile fatty acid* (VFA), ammonia (NH₃) dan potensial hidrogen (pH).

Variabel	Perlakuan		
	P0	P1	P2
\Kecernaan Bahan Kering (%)	54,06 ± 1,02 ^a	56,27 ± 0,28 ^b	54,62 ± 0,92 ^a
Kecernaan Bahan Organik (%)	63,24 ± 1,95 ^a	65,67 ± 0,97 ^b	63,69 ± 0,96 ^a
VFA (mM)	116,58 ± 3,52 ^a	156,42 ± 21,82 ^b	168,66 ± 13,58 ^b
NH ₃ (mM)	10,55 ± 0,46 ^a	8,25 ± 1,13 ^a	7,42 ± 0,58 ^b
pH	6,48 ± 0,16 ^a	6,45 ± 0,08 ^a	6,44 ± 0,05 ^a

Keterangan: Superscript yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan nyata ($P \leq 0,05$), sedangkan superscript yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata ($P > 0,05$). P0 (Rumput odot 70% + konsentrat 30% + Karbon aktif sekam padi 0%), P1 (Rumput odot 68,75% + konsentrat 28,75% + Karbon aktif sekam padi 2,5%), P2 (Rumput odot 67,50% + konsentrat 27,50% + Karbon aktif sekam padi 5%).

Hasil analisis statistika menunjukkan penambahan karbon aktif berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap pencernaan bahan kering. Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan nilai pencernaan bahan kering berada pada kisaran 54,06-56,27%, dan kisaran tersebut berada pada kisaran normal. Hal ini sejalan dengan penelitian Yuhana *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa kisaran normal nilai pencernaan bahan kering adalah 50-60%. Peningkatan nilai KcBK hanya terjadi pada perlakuan P1. Hal tersebut karena karbon aktif terbukti dapat meningkatkan efisiensi asupan nutrisi, menyerap racun dan secara umum meningkatkan kesehatan hewan (O'Toole *et al.*, 2016) dan (Toth dan Dou, 2016). Karbon aktif digunakan karena kapasitas adsorpsinya yang tinggi terhadap berbagai macam toksin seperti mikotoksin, toksin tana-man, pestisida serta metabolit atau patogen toksik. Dengan mengikat zat-zat berbahaya tersebut, karbon aktif mencegahnya diserap oleh saluran pencernaan hewan, sehingga mengurangi efek negatifnya pada kesehatan dan pencernaan. (Schmidt *et al.*, 2019). Selain sebagai adsorben, karbon aktif berperan sebagai mediator elektron dalam reaksi redoks yang terjadi di rumen. Karbon aktif bertindak sebagai geo-baterai dan geokonduktor yang menerima, menyimpan, dan memediasi elektron untuk reaksi biokimia. Dengan menyediakan akseptor elektron terminal bagi mikroba rumen, karbon aktif membantu mikroba rumen dalam proses metabolisme sehingga dapat menghasilkan pencernaan yang lebih hemat energi, meningkatkan efisiensi asupan pakan dan pencernaan (Sun *et al.*, 2017). Namun, pada perlakuan P2 terjadi penurunan nilai KcBK. Hal ini diduga karena penambahan karbon aktif dalam konsentrasi yang lebih tinggi dapat mengganggu aktivitas organ di belakang rumen. Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk berbagai senyawa organik (Hatina dan Winoto, 2020). Karbon aktif mampu mengadsorpsi anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas (Laos, 2016). Karbon aktif memiliki daya serap sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (Priambudi dan Susanti, 2024). Semakin tinggi persentase penambahannya, maka

semakin tinggi daya serapnya. Senyawa organik termasuk salah satunya asam amino yang dihasilkan dari degradasi protein oleh mikroba rumen teradsorpsi oleh karbon aktif, jumlah asam amino yang tersedia untuk diserap oleh ternak menjadi berkurang. Hal ini mengakibatkan pencernaan bahan kering di dalam rumen menurun. Tingginya rendahnya nilai pencernaan bahan kering disebabkan oleh tingkat proporsi bahan pakan dalam ransum, komposisi kimia, asam amino serta kadar protein yang dikandung oleh bahan pakan dalam ransum tersebut, jika semakin sedikit ketersediaan asam amino maka nilai kecernaannya menurun (Antika *et al.*, 2024).

Kecernaan bahan organik (KcBO) merupakan banyaknya bahan organik yang terdapat dalam pakan yang dapat dicerna oleh tubuh ternak. Semakin tinggi nilai pencernaan bahan organik, fermentabilitas pakan juga semakin meningkat, sehingga memudahkan mikroba rumen dalam mencerna pakan (Mastopan *et al.*, 2014). Nilai kecernaan bahan organik sejalan dengan nilai pencernaan bahan kering, hal tersebut karena bahan organik merupakan bagian dari bahan kering. (Sofiani, 2015). Hasil analisis statistika menunjukkan penambahan karbon aktif berpengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap pencernaan bahan organik. Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan nilai pencernaan bahan organik ransum perlakuan P0-P2 berkisar antara 63,24-65,67%. Kisaran tersebut sejalan dengan laporan penelitian Hidayat *et al.* (2019), yang menyatakan kisaran KcBO ransum yang diberikan pada domba padjajaran berkisar antara 59,22-66,11%. Peningkatan nilai KcBO pada perlakuan P1. Hal tersebut karena keselarasan antara bahan organik dan bahan kering, sehingga semakin tinggi pencernaan bahan kering maka pencernaan bahan organik juga mengalami peningkatan (Antika *et al.*, 2024). Akan tetapi, pada perlakuan P2 terjadi penurunan pencernaan bahan organik yang disebabkan oleh turut menurunnya pencernaan bahan kering. Bahan organik merupakan komponen dari bahan kering dan di dalamnya terkandung nutrisi dan mineral, sehingga apabila terjadi peningkatan kandungan bahan kering akan mengakibatkan terjadinya

peningkatan kandungan bahan organik pada bahan atau sebaliknya (Wahyuni *et al.*, 2014). Menurunnya KcBO disebabkan oleh tingginya kandungan serat kasar pada perlakuan P2 dibandingkan perlakuan lainnya. Semakin tinggi kandungan serat kasar dalam pakan cenderung meningkatkan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin maka semakin rendah nilai kecernaan bahan organik. Hal ini karena mikroba tidak mampu mencerna komponen serat kasar yang terkandung dalam bahan pakan secara optimal (Jhena *et al.*, 2020). Selain itu, penurunan KcBO diduga karena penambahan karbon aktif dalam konsentrasi yang lebih tinggi dapat mengganggu aktivitas organ di belakng rumen. Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk berbagai senyawa organik (Hatina dan Winoto, 2020). Senyawa organik salah satunya zat makanan yang dibutuhkan oleh tubuh ternak seperti PK, LK, SK dan BETN yang tersedia untuk diserap oleh ternak menjadi berkurang. Hal ini mengakibatkan kecernaan bahan organik di dalam rumen menurun. Faktor yang memengaruhi tinggi rendahnya nilai kecernaan bahan organik adalah kandungan serat kasar dan mineral pada pakan (Muslimah *et al.*, 2020) Pada penelitian ini, nilai kecernaan bahan organik lebih tinggi daripada kecernaan bahan kering, hal ini karena pada bahan kering masih terdapat kandungan abu, sedangkan pada bahan organik tidak mengandung abu, sehingga bahan tanpa kandungan abu relatif lebih mudah dicerna oleh ternak (Abani *et al.*, 2018).

Senyawa VFA merupakan produk akhir fermentasi karbohidrat dan protein oleh mikroba di rumen sekaligus menjadi sumber energi utama bagi domba (Sudradjat dan Royanti, 2019). Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan konsentrasi VFA pada penelitian ini berkisar antara 116,58-168,66 mM. Menurut Filasari *et al.* (2019) dan Widiana *et al.* (2014), konsentrasi VFA yang baik untuk pertumbuhan mikroba di dalam rumen berkisar antara 80-160 mM. Hal ini menunjukkan VFA yang dihasilkan pada penelitian ini optimum sehingga mendukung aktivitas dan pertumbuhan mikroba di dalam

rumen dalam mendegradasi pakan. Konsentrasi VFA yang meningkat ini sejalan dengan meningkatnya penggunaan karbon aktif hingga taraf 5% dalam ransum. Hal tersebut karena sifat permukaannya yang mendukung kehidupan mikroba (Bolan *et al.*, 2023). Hal tersebut mendukung kehidupan mikroba di rumen (bakteri selulolitik) secara optimum melakukan aktivitasnya dalam memfermentasi pakan terutama karbohidrat pakan (serat kasar dan BETN) menjadi VFA sebagai sumber energi (Nurdianti *et al.*, 2023). Karbon aktif berperan sebagai mediator elektron dalam reaksi redoks yang terjadi di rumen. Dengan menyediakan akseptor elektron terminal bagi mikroba rumen, karbon aktif membantu mikroba rumen dalam proses metabolisme sehingga mengoptimalkan fermentasi bahan organik yang meningkatkan kecernaan bahan organik (Sun *et al.*, 2017). Karbon aktif secara linear meningkatkan kecernaan bahan kering, bahan organik, protein kasar, dan serat. Sintesis protein mikroba juga turut meningkat secara linear sehingga produksi VFA di rumen turut meningkat (Saleem *et al.*, 2018). Karbon aktif digunakan karena kapasitas adsorpsinya yang tinggi terhadap berbagai macam toksin dan zat antinutrisi. Dengan mengikat zat-zat berbahaya tersebut, karbon aktif mencegah penyerapan toksin dalam saluran pencernaan, sehingga meningkatkan kesehatan mikroba rumen dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi asupan pakan dan meningkatkan produksi VFA (Schmidt *et al.*, 2019). Pada perlakuan P1, terjadi peningkatan konsentrasi VFA yang disertai dengan peningkatan kecernaan bahan kering dan bahan organik. Peningkatan kecernaan ini menunjukkan semakin banyaknya bahan organik yang dapat dicerna dan difermentasi oleh mikroba rumen, sehingga semakin banyak VFA yang diproduksi. (Rahman *et al.*, 2020). Semakin tinggi VFA umumnya mencerminkan semakin banyak bahan organik yang terdegradasi oleh mikroba rumen yang mengalami proses fermentasi sehingga membentuk VFA (Kirana *et al.*, 2022). Semakin tinggi konsentrasi VFA mengindikasikan proses fermentasi yang semakin efektif, tetapi konsentrasi VFA yang terlalu tinggi juga dapat mengganggu

keseimbangan rumen karena terjadi penurunan kandungan pH cairan rumen. Faktor yang memengaruhi konsentrasi VFA antara lain jumlah dan macam mikroba dalam rumen, fermentabilitas pakan, pH rumen, keceraan bahan pakan dan jumlah karbohidrat yang mudah larut (Rahayu *et al.*, 2018).

Amonia (NH_3) adalah produk hasil fermentasi protein oleh mikroba yang terjadi di dalam rumen, dan hasil tersebut didapat dari degradasi protein dan non protein nitrogen yang masuk ke dalam rumen (Wole *et al.*, 2018). Konsentrasi NH_3 menggambarkan jumlah protein yang difermentasi oleh mikroba rumen dan nilainya dipengaruhi kemampuannya dalam mendegradasi protein kasar (Susilo *et al.*, 2019). Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan konsentrasi NH_3 ransum pada P0-P2 berada pada kisaran 7,42-10,55 mM. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hapsari *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa konsentrasi NH_3 yang baik untuk kehidupan mikroba rumen berkisar antara 4-12 mM. Produksi NH_3 di atas 12 mM menunjukkan bahwa pakan yang mudah didegradasi, sedangkan produksi NH_3 di bawah 3 mM menunjukkan bahwa pakan sulit didegradasi (Tanuwiria dan Hidayat, 2019). Pada penelitian ini, terjadi penurunan konsentrasi NH_3 seiring dengan meningkatnya konsentrasi karbon aktif. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Laos, 2016). Karbon aktif dapat menyerap NH_3 melalui proses adsorpsi, sehingga molekul NH_3 terikat pada permukaan karbon aktif yang menyebabkan produksi NH_3 menurun. Dugaan lainnya terkait penurunan NH_3 ini disebabkan oleh adanya produksi VFA yang semakin tinggi. Hambakodu *et al.* (2021) menyatakan bahwa tingginya produksi VFA yang diikuti rendahnya konsentrasi amonia mencerminkan efisiensi penggunaan amonia oleh bakteri untuk sintesis protein mikroba dan pertumbuhannya. Banyak faktor yang memengaruhi proses fermentasi di dalam rumen, termasuk di antaranya adalah komposisi pakan, minyak mentah, kadar serat,

ketersediaan enzim pencernaan, dan komposisi mikrobiota rumen (Rahmatillah *et al.*, 2024).

Derajat keasaman (pH) cairan rumen merupakan salah satu indikator yang menunjukkan berlangsungnya proses fermentasi di dalam rumen. Data yang disajikan pada Tabel 2 diperoleh nilai pH pada perlakuan P0, P1 dan P2 berada pada kisaran 6,44-6,48. Nilai pH tersebut berada pada kisaran normal pH rumen. Hal ini sejalan dengan laporan penelitian Putra *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa normal pH rumen pada ruminansia kecil, khususnya domba berkisar antara 5,8-6,8. Mirahsanti *et al.* (2022) menyatakan bahwa pH 6-7 dalam rumen dapat mendukung ekologi pertumbuhan mikroba rumen. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh tidak nyata ($P>0,05$) terhadap peningkatan derajat keasaman (pH). Hal tersebut karena lingkungan rumen berada dalam keadaan yang seimbang termasuk pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme rumen, sehingga proses fermentasi di dalam rumen dapat berlangsung dengan baik (Hoy *et al.*, 2023). Nilai pH pada ransum domba yang tidak ditambahkan dan yang ditambahkan karbon aktif menunjukkan nilai pH yang tidak jauh berbeda antara P0, P1 dan P2. Hal ini disebabkan komposisi pakan yang digunakan dalam penelitian ini sudah cukup baik. Pakan ternak yang berasal dari hijauan memiliki kandungan serat kasar tinggi sekitar 18%, tetapi memiliki kandungan energi yang rendah (Oktavia *et al.*, 2023). Pemberian hijauan yang terlalu tinggi dalam ransum dapat meningkatkan kandungan serat kasar, yang dapat menurunkan konsentrasi VFA dan membantu menjaga pH stabil (Hernaman *et al.*, 2015). Sementara itu Konsentrat merupakan campuran dua bahan pakan atau lebih yang memiliki kandungan serat kasar rendah, energi yang tinggi dan mudah dicerna oleh ternak (Christi *et al.*, 2018). Pemberian konsentrat yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan penurunan pH rumen sehingga menyebabkan peningkatan risiko asidosis (Lee *et al.*, 2023). Penggunaan ransum domba yang terdiri atas hijauan dan konsentrat dengan perbandingan 70:30 didu-

ga ideal untuk menjaga pH rumen yang normal, sehingga pada penelitian ini dengan adanya penambahan karbon aktif tidak memengaruhi pH rumen karena lingkungannya sudah berada dalam keadaan seimbang. Hal tersebut sejalan dengan laporan penelitian Hamianti *et al.*, (2016) yang menunjukkan bahwa nilai pH rumen kambing kacang betina yang diberi pakan komplit dengan rasio jerami padi (hijauan tunggal) dan konsentrat dengan perbandingan 70:30 yaitu 6,22 berada pada nilai normal pH rumen. Selain itu, pH rumen dapat dipengaruhi oleh konsentrasi VFA. Produksi VFA yang tinggi dapat menurunkan nilai pH menjadi rendah atau asam, sebaliknya produksi VFA yang rendah menghasilkan nilai pH mendekati netral. (Nurjannah dan Suryanah, 2025). Pada penelitian ini dengan adanya penambahan karbon aktif telah meningkatkan konsentrasi VFA. Namun peningkatan tersebut masih berada pada kisaran normal konsentrasi VFA yaitu 80-160 mM (Filasari *et al.*, 2019) dan Widiyana *et al.*, 2014). Dengan konsentrasi VFA yang berada pada kisaran normal, maka tidak menyebabkan penurunan pH rumen sehingga pH rumen berada pada kisaran normal. Dengan demikian nilai pH rumen pada penelitian ini (6,44-6,48.) berada dalam kondisi yang optimal membuat proses fermentasi berlangsung dengan baik.

SIMPULAN

Penambahan karbon aktif sekam padi dalam ransum domba memengaruhi fermentabilitas (VFA, NH_3) dan pencernaan (KcBK, KcBO). Penambahan pada taraf 2,5% memberikan pencernaan tertinggi. Sementara itu, penambahan pada taraf 5% menghasilkan fermentabilitas yang terbaik, dan memproduksi VFA tertinggi untuk energi ternak serta NH_3 terendah untuk efisiensi pemanfaatan nitrogen. Kondisi tersebut optimal untuk mendukung pertumbuhan mikrob rumen dalam mendegradasi pakan, meskipun untuk keseluruhan perlakuan masih dalam kisaran normal. Dengan demikian, penggunaan kar-

bon aktif sekam padi sebanyak 2,5% merupakan taraf yang terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan fasilitas berupa sarana dan prasarana penelitian dari Laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abani N, Jelantik IGN, Maranatha G. 2018. Kecernaan *in vitro* pakan komplit yang mengandung level alga hijau (*Ulva lactuca*) yang berbeda sebagai pengganti rumput lapangan. *Jurnal Nukleus Peternakan* 5(2): 79-91. <https://doi.org/0.35508/nukleus.v5i2.840>
- Abdulrahman NA, Rotibi A, Abegunde SM. 2020. Surface Modification and Characterization of Carbonized *Raphia taedigera* seed for the Adsorption of Pb^{2+} from aqueous solution. *International Journal of Scientific and Research Publications* 10(9): 164-177. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.10.09.2020.p10520>
- Al-Azzawi M, Bowtell L, Hancock K, Preston S. 2021. Addition of activated carbon into a cattle diet to mitigate GHG emissions and improve production. *Sustainability* 13(15): 8254. <https://doi.org/10.3390/su13158254>
- Alhamidi A, Kustiningsih I, Poetra I. 2019. Karakterisasi karbon aktif dari bulu ayam untuk aplikasi penyimpan gas hidrogen (hydrogen storage). *Rotasi* 21(1): 16-22. <http://doi.org/10.14710/rotasi.21.1.16-22>
- Amatullah DA, Ilyas G, Awaliya EN, Aldila NA, Hernaman I, Ayuningsih B, Hidayat R. 2022. Fermentabilitas dan pencernaan ransum yang mengandung bungkil kacang tanah (*in vitro*). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas*

- Padjadjaran* 22(2): 118-124. <https://doi.org/10.24198/jit.v22i2.39773>
- Anggriani UM, Hasan A, Purnamasari II. 2021. Kinetika adsorpsi karbon aktif dalam penurunan konsentrasi logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb). *Jurnal Kinetika* 12(02): 29-37.
- Antika DM, Husni A, Muhtarudin M, Erwanto E. 2024. Perbandingan suplementasi mineral kalsium dan magnesium metionin dengan kalsium dan magnesium sabun dalam ransum terhadap pencernaan bahan kering dan pencernaan bahan organik pada kambing rambon. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan* 8(2): 210-217. <https://doi.org/10.23960/jrip.2024.8.2.210-217>
- Bolan S, Hou, D, Wang L, Hale L, Egamber D, Tammeorg P, Li R, Wang B, Xu J, Wang T, Sun H, Padhye LP, Wang H, Siddique KHM, Rinklebe J, Kirkham MB, Bolan, N. 2023. The potential of biochar as a microbial carrier for agricultural and environmental applications. *Science of the Total Environment* 886: 163968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163968>
- Christi RF, Rochana A, Hernaman I. 2018. Kualitas fisik dan palatabilitas konsentrat fermentasi dalam ransum kambing perah Peranakan Ettawa. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran* 18(2): 121-125. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.19461>
- Dewi R, Azhari A, Nofriadi I. 2020. Aktivasi karbon dari kulit pinang dengan menggunakan aktivator kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Universitas Malikussaleh* 9(2): 12-22. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>
- Ediset, E., Martaguri, I., Anas, A., Indrayani, I., Foci YR, Khairi FI. 2023. Teknologi pakan silase dan fermentasi untuk perbaikan usaha peternakan sapi di Desa Padang Cakur Kota Piaman. *Jurnal Hilirisasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 6(3): 171-181. <http://doi.org/10.25077/jhi.v6i3.672>
- Filasari O, Christiyanto M, Nuswantara LK, Pangestu E. (2019). Produksi *volatile fatty acids* dan amonia (NH₃) hijauan pakan kambing secara *in vitro*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah* 17(1): 111-115. https://doi.org/10.36762/ju_maljateng.v17i1.791
- Garillo EP, Pradhan R, Tobioka H. 1995. Effects of activated carbon on growth, ruminal characteristics, blood profiles and feed digestibility in sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 8(1): 43-50. <https://doi.org/10.5713/ajas.1995.43>
- Hambakodu M, Pawulung JP, Nara MC, Amah UAR, Ranja EP, Tarapanjang AH. 2021. Identifikasi hijauan makanan ternak di lahan pertanian dan padang penggembalaan Kecamatan Haharu Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis* 8(1): 43-50. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/peternakan-tropis>
- Hamianti, Hilakore MA, Oematan G. 2016. Pengaruh pemberian pakan komplit dengan rasio jerami padi dan konsentrat yang berbeda terhadap parameter fermentasi rumen kambing kacang betina. *Jurnal Nukleus Peternakan* 3(2): 161-167. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v3i2.802>
- Hapsari NS, Harjanti DW, Muktiani A. 2018. Fermentabilitas pakan dengan imbuhan ekstrak daun Babadotan (*Age-ratum conyzoides*) dan Jahe (*Zingiber officinale*) pada sapi perah secara *in vitro*. *Jurnal Agripet* 18(1): 1-9. <https://doi.org/10.17969/agripet.v18i1.9672>
- Hatina S, Winoto E. 2020. Pemanfaatan karbon aktif dari serbuk kayu merbau dan tongkol jagung sebagai adsorben untuk pengolahan limbah cair AAS. *Jurnal Redoks* 5(1): 32-46. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4027>
- Hendriana PPY, Suryani NN, Budiasa IKM. 2019. Dampak erupsi gunung agung terhadap konsumsi nutrisi dan pencernaan (*in vitro*) ransum sapi bali

- sebelum dan saat di penampungan ternak Desa Talibeng Kecamatan Sidemen Kabupaten Karangasem. *Jurnal Peternakan Tropika* 7(1): 327– 339.
- Hernaman I, Budiman A, Nurachman S, Hidiraj K. 2015. Kajian *in vitro* substitusi konsentrat dengan penggunaan limbah perkebunan singkong yang disuplementasi kobalt (Co) dan seng (Zn) dalam ransum domba. *Buletin Peternakan* 39(2): 71-77. <https://dx.doi.org/10.21059/buletinpeternak.v39i2.6710>
- Hidayat R, Kamil KA, Suryaningsih L, Utama GL, Balia RL. 2019. Effect of macronutrient needs on digestibility and average daily gain of sheep (*Ovis aries* var. Padjadjaran, Family Bovidae). *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 9(5):1618-1623. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.9.5.9292>
- Hoy CPE, Hartati E, Lestari GAY. 2023. Pengaruh silase pakan komplit berbasis sorgum clitoria ternatea dengan penambahan berbagai level konsentrat mengandung ZnSO₄ dan ZnCu isoleusinat terhadap fermentasi rumen *in vitro*. *Animal Agricultura* 1(2): 79-89. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v1i2.18>
- Jhena K, Kleden MM, Benu I. 2020. Kecernaan Nutrien dan Parameter Rumen Pakan Konsentrat yang Mengandung Tepung Daun Kersen Sebagai Pengganti Jagung Secara *In Vitro*. *Jurnal Nukleus Peternakan* 7(2): 118-129. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v7i2.3018>
- Kirana FK, Cakra IGLO, Mariani NP. 2022. Kualitas fisik, kecernaan dan produk fermentasi rumen *in vitro* silase jerami padi ditambahkan berbagai jenis leguminosa. *Majalah Ilmiah Peternakan* 25(2): 72-78 <https://doi.org/10.24843/MIP.2022.v25.i02.p03>
- Kundau MN, Tantalo S. 2014. Pengaruh penambahan konsentrat dengan kadar protein kasar yang berbeda pada ransum basal terhadap kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik kambing Boerawa pasca sapih. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 2(2): 7-10 <https://doi.org/10.23960/jipt.v2i2.476>
- Laos LE. 2016. Pemanfaatan kulit singkong Sebagai ahanbaku karbon aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* 1(1): 32-36. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v7i2.3018>
- Lee S, Ryu CH, Back YC, Lee SD, Kim H. 2023. Effect of fermented concentrate on ruminal fermentation, ruminal and fecal microbiome, and growth performance of beef cattle. *Animals* 13(23): 3622. <https://doi.org/10.3390/ani13233622>
- Mastopan, Tafsir M, Hanafi ND. 2014. Kecernaan lemak kasar dan TDN (*Total Digestible Nutrient*) ransum yang menggunakan pelepah daun kelapa sawit dengan perlakuan fisik, kimia, biologis dan kombinasinya pada domba *Jurnal Peternakan Integratif* 3(1): 37-45. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v7i2.3018>
- Mayasari E, Ayuningsih B, Hidayat R. 2015. Pengaruh penambahan nitrogen dan sulfur pada ensilase jerami jagung terhadap kecernaan bahan kering dan bahan organik pada sapi potong (*in vitro*). *Students e-Journal Universitas Padjadjaran* 4(3): 1-11. <https://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/7115>
- Mirahsanti NPN, Suarjana IGK, Besung INK. 2022. Angka lempeng total bakteri dan pH pada cairan rumen sapi bali jantan yang dipotong di Rumah Pemotongan Hewan Pesanggaran. *Buletin Veteriner Udayana* 4(5): 446-451. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2022.v14.i05.p01>
- Muslimah AP, Istiwati R, Budiman A, Ayuningsih B, Hernaman I. 2020. Kajian *in vitro* ransum sapi potong yang mengandung bungkil tengkawang terhadap fermentabilitas dan kecerna-

- an. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 8(1): 21-26. <https://doi.org/10.23960/jipt.v8i1.p21-26>
- Nurdiant'i RR, Nuryana RS, Handoko A, Hernaman I, Ramdani D, Jayanegara A, Dickhoefer U, Böttger C, Südekum KH. 2023. Nutritional compositions of Katuk leaves and their supplementation to hays of different quality: an *in vitro* study. *Journal of Agricultural Science* 161(3): 428–437. <https://doi.org/10.1017/S002185962300031X>
- Nurjannah S, Suryanah S. 2025. Pemanfaatan limbah pepaya sebagai pakan ternak sapi perah terhadap nilai fermentabilitas (*in vitro*). *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 13(1): 70-81. <https://doi.org/10.23960/jipt.v13i1.p70-81>
- Oktavia R, Kistian A, Hera R. 2023. Tingkat peternak tentang produktivitas ternak dan ektoparasit pada ternak kerbau (*Bubalus bubalis*). *Jurnal Bionatural* 10(2): 118-126. <https://doi.org/10.61290/bio.v10i2.723>
- O'Toole A, Andersson D, Gerlach A, Glaser B, Kammann C, Kern J, Kouppamaki KH, Mumme J, Schmidt P, Strucke F, Stenström J. 2016. Current and future applications for biochar. In: *Biochar in European soils and agriculture*. Shackley S, Ruysschaert G, Zwart K, Glaser B (Eds). London. [Routledge - Taylor & Francis Group](https://doi.org/10.4324/9781315884462). Hlm. 253-280. <https://doi.org/10.4324/9781315884462>
- Priambudi A, Susanti A. 2024. Proses pembuatan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu dari daerah Malang, menggunakan activator NaOH. *Distilat* 10(1): 256-265. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i1.4885>
- Putra NGW, Ramadani DN, Ardiansyah A, Syaifudin F, Yulinar RI, Khasanah H. 2022. Strategi pencegahan dan penanganan gangguan metabolisme pada ternak ruminansia. *Jurnal Peternakan Indonesia* 24(2): 150-159. <https://doi.org/10.25077/jpi.24.2.150-159.2022>
- Rahayu RI, Subrata A, Achmadi J. 2018. Fermentabilitas ruminal *in vitro* pada pakan berbasis jerami padi amoniasi dengan suplementasi tepung bonggol pisang dan molases. *Jurnal Peternakan Indonesia* 20(3): 166-174. <https://doi.org/10.25077/jpi.20.3.166-174.2018>
- Rahman A, Sunarso S, Tampoebolon BIM, Nuswantara LK. 2020. Pengaruh perbedaan aras starter pada fermentasi sabut kelapa terhadap pencernaan bahan pakan dan produksi volatile fatty acids secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 8(2): 66-71. <https://doi.org/10.23960/jipt.v8i2.p66-71>
- Rahmatillah RS, Ramdani D, Hernaman I, Jayanegara A, Hidayatik N. 2024. Evaluation of the effects of green tea extract as a dietary supplement in sheep on gas production, volatile fatty acids, and digestibility. *Veterinary World* 17(10): 2204–2210. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2204-2210>
- Rohmah PM, Redjeki AS. 2014. Pengaruh waktu karbonisasi pada pembuatan karbon aktif berbahan baku sekam padi dengan aktivator KOH. *Jurnal Konversi* 3(1): 19-26 <https://doi.org/10.24853/konversi.3.1.%25p>
- Saleem AM, Ribeiro Jr GO, Yang WZ, Ran T, Beauchemin KA, McGeough EJ., Ominski KH, Okine EK, McAllister TA. 2018. Effect of engineered bio-carbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *Journal of Animal Science* 96(8): 3121-3130. <https://doi.org/10.1093/jas/sky204>
- Schmidt HP, Hagemann N, Draper K, Kammann C. 2019. The use of biochar in animal feeding. *Peer Journal* 7: e7373. <https://doi.org/10.7717/peerj.7373>
- Siagian PH, Siregar HC, Dasril R. 2006. The effect of zeolite on the performances of post weaning mice (*Mus musculus*). *Jurnal Zeolit Indonesia* 5(1): 27-

32. <https://journals.itb.ac.id/index.php/jzi/article/view/1685>
- Sofiani A. 2015. Pengaruh penambahan nitro gen dan sulfur pada ensilase jerami ubi jalar (*Ipomoea batatas L.*) terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik (*in vitro*). *Students e-Journal Universitas Padjadjaran* 4(3). <https://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/6901>
- Sudradjat, Riyanti L. 2019. *Buku Ajar Nutrisi dan Pakan Ternak*. Jakarta. Pusat Pendidikan Pertanian Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian Kementerian Pertanian.
- Sun T, Levin BD, Guzman JJ, Enders A, Muller DA, Angenent LT, Lehmann J. 2017. Rapid electron transfer by the carbon matrix in natural pyrogenic carbon. *Nature Communications* 8(1): 14873. <https://doi.org/10.1038/ncomms14873>
- Suroso GGA, Adhianto K, Muhtarudin M, Erwanto E. 2023. Evaluasi kecukupan nutrisi pada sapi potong di KPT Maju Sejahtera Kecamatan Tanjung Sari Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan* 7(2): 147-155. <http://dx.doi.org/10.23960/jrip.2023.7.2.147-155>
- Susilo E, Nuswantara LK, Pangestu DE. 2019. Evaluasi bahan pakan hasil samping industri pertanian berdasarkan parameter fermentabilitas ruminal secara *in vitro*. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2): 128-136. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.128-136>
- Syamboga A, Budianto A. 2021. Review karakterisasi karbon aktif dari berbagai jenis serbuk kayu. *Jurnal Tecno-scienza* 6(1): 1-12. <http://dx.doi.org/10.51158/tecnoscienza.v6i1.443>
- Tanuwiria UH, Hidayat R. 2019. Efek level tanin pada proteksi protein tepung keong mas (*Pomacea canaliculata*) terhadap fermentabilitas dan pencernaan *in vitro*. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran* 19(2): 122-130. <https://doi.org/10.24198/jit.v19 i2.25730>
- Toth JD, Dou Z. 2016. Use and impact of biochar and charcoal in animal production systems. *Agricultural and Environmental Applications of Bio-char: Advances and Barriers* 63: 199-224. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub63.2014.0043.5>
- Wahyuni A, Fairish NL, Ilham RN, Hidayah H. 2024. Pembuatan Karbon Aktif Kulit Kayu Jamblang Sebagai Adsorben. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 10(15): 56-59. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13764182>
- Wahyuni IMD, Muktiani A, Christiyanto M. 2014. Kecernaan bahan kering dan bahan organik dan degradabilitas serat pada pakan yang disuplementasi tanin dan saponin. *Jurnal Agri-pet* 14(2): 115-124. <https://doi.org/10.17969/agripet.v14i2.1886>
- Widiana A, Taufikurrahman, Limin SH, Her-naman I, Manurung R. 2014. Utilization of solid residue *Melaleuca cajuputi* Powell leaves as cattle feed. *Pakistan Journal of Nutrition* 13 (10): 554–556. <https://doi.org/10.3923/pjn.2014.554.556>
- Wole B, Manu A, Enawati L. 2018. Fermentasi jerami kacang hijau menggunakan cairan rumen kambing dengan waktu yang berbeda terhadap konsentrasi NH₃ dan VFA secara *in-vitro*. *Jurnal Nukleus Peternakan* 5(1): 1–6. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v5i1.829>
- Yuhana R, Prayitno CH, Rustomo B. 2013. Suplementasi ekstrak herbal dalam pakan kambing perah pengaruhnya terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik serta konsentrasi VFA secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Peter-nakan* 1(1): 54-61. <https://sineli.tabmas.unsoed.ac.id/google-doc/1556050/>
- Yuliyati YB. 2018. Pemanfaatan arang aktif sekam padi untuk penjernihan air sumur. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Padjadjaran* 2(2):160-165. <https://jurnal.unpad.ac.id/pkm/article/view/16565>
- Zahera R, Anggraeni D, Rahman ZA, Evvyernie D. 2020. Pengaruh kandungan protein ransum yang berbeda terhadap pencernaan dan fermentabilitas rumen sapi perah secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan* 18(1): 1–6. <http://dx.doi.org/10.29244/jintp.18.1.1-6>