

Kinerja Pengolahan dan Karakteristik Fisikimia Total Mixed Ration (TMR) dengan Metode Pengawetan Hijauan Berbeda

Processing Performance and Physicochemical Characteristics of Total Mixed Ration with Different Forage Preservation Methods

N N Barkah^{1*}, M Hasan¹, EB Laconi¹, HA Sukria¹, Y Retnani¹, I Wijayanti¹

Corresponding email:

nisanurmilati@apps.ipb.ac.id

mohamohamad@apps.ipb.ac.id

erika_laconi@apps.ipb.ac.id

¹⁾ Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Kampus IPB Dramaga, Jalan Agatis, Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia

ABSTRACT

This study aimed to analyze the processing performance and physicochemical characteristics of total mixed ration (TMR) prepared using napier grass with different preservation methods. A randomized complete block design (RCBD) with three treatments and four blocks based on production time was employed, consisting of P1 = fresh napier grass, P2 = napier grass silage, and P3 = napier grass hay. The forage was processed using a chopper to obtain a particle size distribution consisting of 30% particles at 5 cm and 70% particles at 3 cm, and subsequently formulated into TMR containing 30% forage and 70% concentrate on a dry matter basis. The results showed that chopping particle size had a highly significant effect on forage loss during the chopping process ($p < 0.01$). Different forage preservation methods had highly significant effects on dry matter content and TMR cost ($p < 0.01$), and significant effects on the particle size distribution of forage and TMR and forage texture ($p < 0.05$). The calculated nutrient composition of TMR varied among preservation methods, with ash, crude protein, crude fat, crude fiber, and nitrogen-free extract (NFE) contents ranging from 7.95%–9.54%, 16.79%–17.85%, 3.31%–3.58%, 22.79%–25.19%, and 45.65%–47.66%, respectively, on a dry matter basis. These findings indicate that forage preservation methods influenced the processing performance, physical characteristics, and chemical composition-related attributes of TMR. It can be concluded that the selection of an appropriate forage preservation method is important for achieving efficient TMR processing, desirable physicochemical characteristics, adequate nutrient composition, and economical TMR production.

Key words: complete feed, napier grass, preservation technique, production process, processing performance

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pengolahan dan karakteristik fisikokimia total mixed ration (TMR) yang dibuat menggunakan rumput gajah dengan metode pengawetan berbeda. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan dan empat kelompok berdasarkan waktu produksi, yaitu P1 = rumput gajah segar, P2 = silase rumput gajah, dan P3 = hay rumput gajah. Hijauan diproses menggunakan mesin pencacah untuk memperoleh distribusi ukuran partikel yang terdiri atas 30% partikel berukuran 5 cm dan 70% partikel berukuran 3 cm, kemudian diformulasikan menjadi TMR dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat berdasarkan bahan kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel hasil pencacahan berpengaruh sangat nyata terhadap kehilangan hijauan selama proses pencacahan ($P < 0,01$). Metode pengawetan hijauan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar bahan kering dan biaya TMR ($p < 0,01$), serta berpengaruh nyata terhadap distribusi ukuran partikel hijauan dan TMR serta tekstur hijauan ($p < 0,05$). Komposisi nutrisi TMR hasil perhitungan bervariasi antar metode pengawetan, dengan kandungan abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) masing-masing berkisar antara 7,95%–9,54%, 16,79%–17,85%, 3,31%–3,58%, 22,79%–25,19%, dan 45,65%–47,66% berdasarkan bahan kering. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode pengawetan hijauan memengaruhi kinerja pengolahan, karakteristik fisik, dan atribut yang berkaitan dengan komposisi kimia TMR. Simpulan penelitian pemilihan metode pengawetan hijauan yang tepat penting untuk mencapai pengolahan TMR yang efisien, karakteristik fisikokimia yang diinginkan, komposisi nutrisi yang memadai, dan biaya produksi TMR yang ekonomis.

Kata kunci: proses produksi, pakan komplit, rumput gajah, teknik pengawetan



Copyright © 2024 by JINTP
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Perbedaan musim tersebut menyebabkan ketersediaan hijauan pakan ruminansia berfluktuasi sepanjang tahun. Kondisi tersebut memerlukan teknologi pengolahan dan pengawetan hijauan untuk mempertahankan ketersediaan dan kualitas pakan sepanjang tahun (Anam dan Harsita 2019). Salah satu hijauan yang banyak dimanfaatkan sebagai pakan ruminansia adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) karena memiliki produktivitas tinggi, pertumbuhan cepat, kandungan nutrisi yang baik, serta mampu beradaptasi dengan kondisi iklim tropis. Kemampuan adaptasi tersebut menjadikan rumput gajah sebagai salah satu sumber hijauan utama pada berbagai sistem peternakan di Indonesia (Rustiyana et al. 2016). Rumput gajah memiliki kadar air yang tinggi sehingga mudah mengalami penurunan kualitas apabila tidak segera dimanfaatkan. Salah satu upaya untuk mempertahankan kualitas hijauan sekaligus memperpanjang masa simpan adalah melalui teknologi pengawetan. Metode pengawetan yang umum diterapkan yaitu silase melalui fermentasi anaerob dan *hay* melalui proses pengeringan (Landupuri et al. 2020). Proses fermentasi pada silase mampu mempertahankan hijauan melalui pembentukan asam organik dalam kondisi anaerob, sedangkan *hay* mempertahankan kualitas hijauan dengan menurunkan kadar air hingga mencapai kondisi yang aman untuk disimpan (Kurniati et al. 2021). Perbedaan teknik pengawetan tersebut menyebabkan perubahan kadar air, bahan kering, karakteristik fisik, dan kandungan nutrisi hijauan sehingga berpotensi memengaruhi karakteristik bahan sebagai komponen penyusun ransum (Sadarman et al. 2024).

Proses pengolahan bahan pakan merupakan tahapan penting yang menentukan kualitas TMR yang dihasilkan. Proses tersebut meliputi pencacahan hijauan menggunakan mesin *chopper*, pencampuran bahan tinggi protein dan energi menggunakan mesin *mixer*, pengawetan hijauan menjadi silase atau *hay*, serta pencampuran hijauan dengan konsentrat untuk menghasilkan total mixed ration (TMR). Kinerja mesin *chopper* memengaruhi kapasitas produksi, kehilangan bahan selama pencacahan, konsumsi energi listrik, biaya produksi, serta ukuran hasil cacahan hijauan. Ukuran cacahan yang sesuai meningkatkan efisiensi proses pengolahan dan mendukung keberhasilan fermentasi silase (Sari et al. 2018). Kinerja mesin *mixer* juga menjadi indikator penting dalam menghasilkan campuran TMR yang homogen sehingga komposisi bahan dan nutrisi relatif seragam (Heriyanto dan Rahmadianto 2026). Hijauan dan konsentrat dikombinasikan menjadi *total mixed ration* (TMR) sehingga setiap bagian ransum diharapkan memiliki komposisi bahan dan nutrisi yang relatif seragam (Bueno et al. 2020).

Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengevaluasi hasil pengolahan pakan adalah distribusi

ukuran partikel. Distribusi ukuran partikel hijauan diamati setelah proses pencacahan, baik pada hijauan segar maupun setelah proses pengawetan menjadi silase dan *hay*. Distribusi ukuran partikel juga diamati pada TMR setelah hijauan dicampurkan dengan konsentrat untuk menganalisis karakteristik fisik campuran yang dihasilkan setelah proses pencampuran. Pengukuran dilakukan menggunakan metode *Penn State Particle Separator* (PSPS) (Lammers et al. 1996). Penelitian Kononoff et al. (2003) mengembangkan PSPS dengan menambahkan ayakan berukuran lebih kecil sehingga pengukuran distribusi ukuran partikel TMR menjadi lebih akurat. Metode tersebut banyak digunakan dalam penelitian pakan ruminansia karena sederhana, praktis, serta mampu memberikan informasi kuantitatif mengenai distribusi ukuran partikel.

Selain karakteristik fisik, metode pengawetan hijauan dapat memengaruhi karakteristik kimia bahan dan komposisi nutrisi TMR. Perubahan kadar bahan kering dan kandungan nutrisi hijauan akibat proses pengawetan dapat memengaruhi karakteristik TMR yang diformulasikan dengan proporsi hijauan dan konsentrat yang sama. Oleh karena itu, evaluasi TMR perlu mencakup karakteristik fisik dan kimia untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kualitas hasil pengolahan. Karakteristik fisik dapat dievaluasi melalui distribusi ukuran partikel dan tekstur, sedangkan karakteristik kimia dapat ditinjau melalui kadar bahan kering dan komposisi nutrisi TMR yang meliputi abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Selain aspek teknis dan kualitas, biaya produksi TMR juga menjadi pertimbangan penting dalam menentukan metode pengawetan hijauan yang dapat diterapkan secara efisien.

Berbagai penelitian telah mengkaji pengolahan hijauan dan proses pencampuran pakan, khususnya terkait pengecilan ukuran partikel melalui proses pencacahan serta perubahan karakteristik fisik bahan selama pencampuran dalam total mixed ration (TMR). Proses pengolahan dan pencampuran dapat memengaruhi distribusi ukuran partikel, homogenitas, serta karakteristik fisik TMR (Kononoff et al. 1999; Lammers et al. 1996; Moallem & Lifshitz, 2020). Selain itu, karakteristik fisik TMR juga dipengaruhi oleh kadar bahan kering, ukuran dan struktur partikel hijauan, waktu pencampuran, serta tipe mixer yang digunakan (Kronqvist et al. 2021). Namun, penelitian yang secara terpadu mengevaluasi kinerja pengolahan, distribusi ukuran partikel hijauan dalam TMR, karakteristik fisikokimia, komposisi nutrisi, serta biaya TMR yang dihasilkan dari penggunaan rumput gajah dengan metode pengawetan yang berbeda masih terbatas. Perbedaan kondisi fisik dan kimia rumput gajah segar, silase, dan *hay* dapat menghasilkan karakteristik bahan yang berbeda selama proses pencacahan dan pencampuran, sehingga berpotensi memengaruhi kinerja pengolahan dan karakteristik TMR yang dihasilkan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pengolahan dan karakteristik fisikokimia total mixed ration (TMR) yang dibuat menggunakan rumput gajah dengan metode pengawetan yang berbeda untuk menghasilkan TMR dengan karakteristik fisikokimia dan efisiensi pengolahan yang baik.

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa perbedaan metode pengawetan rumput gajah, yaitu dalam bentuk segar, silase, dan hay, menghasilkan perbedaan karakteristik fisik dan kimia bahan yang selanjutnya memengaruhi kinerja proses pencacahan dan pencampuran, distribusi ukuran partikel hijauan dan TMR, karakteristik fisikokimia, komposisi nutrisi, serta biaya TMR. Dengan demikian, metode pengawetan hijauan yang berbeda diduga menghasilkan TMR dengan karakteristik dan efisiensi pengolahan yang berbeda.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin *chopper*, mesin *mixer*, *penn state particle separator* (PSPS), drum nutrisi berkapasitas 150 L sebagai silo fermentasi, serta *dome dryer* untuk proses pengeringan hay. Formulasi konsentrat disusun berdasarkan kebutuhan nutrisi ternak menurut Kears (1982) dan digunakan sebagai bahan penyusun *total mixed ration* (TMR). Komposisi bahan penyusun konsentrat disajikan pada Tabel 1. Konsentrat yang telah dicampur kemudian dianalisis kandungan nutrisinya sebelum digunakan dalam penyusunan TMR pada Tabel 2.

Kandungan Nutrien Awal Bahan Sebelum Pengawetan

Kandungan nutrisi awal bahan merupakan informasi yang diperlukan untuk mengetahui kualitas rumput gajah dan molases yang digunakan dalam proses pengawetan hijauan. Analisis dilakukan untuk mengetahui kandungan bahan kering (BK), protein kasar (PK), serat kasar (SK), lemak kasar (LK), abu, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), dan *water soluble carbohydrate* (WSC). Kandungan nutrisi awal bahan sebelum proses pengawetan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1 Formulasi total mixed ration (TMR) yang digunakan dalam penelitian

Bahan pakan	Persentase (%)
Rumput gajah	30
Pollard	4
Onggok	4
Bungkil kelapa	17
Bungkil inti sawit	13
Limbah kulit kopi	8,5
Limbah habbatussauda	18
Molases	4
Dicalcium phosphate (DCP)	0,5
Kalsium karbonat (CaCO ₃)	0,5
Premix	0,5
Total	100

Rumput gajah dipanen pada umur 40–60 hari pada musim penghujan, kemudian dicacah menggunakan mesin *chopper* menjadi ukuran partikel 3 cm dan 5 cm dengan proporsi campuran 70% ukuran 3 cm dan 30% ukuran 5 cm. Sebelum ensilase, ditambahkan molases 2%, EM4 0,10%, dan air 3% dari total bobot rumput (Tessalonika et al. 2026). Bahan dimasukkan ke dalam drum silo plastik berkapasitas 150 L, dipadatkan secara manual hingga tercapai kondisi anaerob, dan difermentasi selama 21 hari (Wiguna et al. 2024).

Pembuatan Hay Rumput Gajah

Hijauan yang telah dicacah kemudian dicampur sesuai proporsi perlakuan dan diambil sebanyak 6 kg untuk proses pembuatan hay. Pengeringan dilakukan menggunakan *dome dryer* selama kurang lebih 5 hari hingga mencapai kondisi kering. Selama proses pengeringan dilakukan pencatatan suhu dan kelembapan ruang *dome dryer* setiap hari pada pukul 13.00 WIB.

Pembuatan Konsentrat dan TMR

Formulasi pakan disusun berdasarkan kebutuhan nutrisi domba jantan dengan pertambahan bobot badan harian 150 g ekor⁻¹ hari⁻¹ menurut NRC (2007) dan digunakan sebagai bahan penyusun *total mixed ration* (TMR). Seluruh bahan konsentrat ditimbang sesuai formulasi, kemudian dicampur hingga homogen menggunakan mesin *mixer* berkapasitas 150 kg. Proses pencampuran dilakukan sebanyak 4 kali dengan masing-masing produksi berjumlah 250 kg. Konsentrat dicampurkan dengan hijauan segar, silase, atau hay untuk membentuk *total mixed ration* (TMR) dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat.

Peubah Penelitian

Pengukuran kapasitas mesin *chopper* dan *mixer*

Pengukuran kapasitas mesin *chopper* dilakukan untuk mengetahui performa mesin dalam proses pencacahan hijauan. Peubah yang diamati meliputi kapasitas produksi, penyusutan, konsumsi energi listrik, biaya listrik, dan ketepatan ukuran cacahan (Sari et al. 2018)

$$\text{Kapasitas mesin } chopper \text{ (kg menit}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Jumlah produk (kg)}}{\text{Waktu proses (menit)}}$$

Pengukuran penyusutan

Penyusutan menunjukkan besarnya kehilangan bahan selama proses pencacahan rumput gajah menggunakan mesin *chopper*. Nilai penyusutan dihitung berdasarkan selisih antara berat awal bahan sebelum pencacahan dan berat akhir bahan setelah pencacahan. Rumus perhitungan penyusutan sebagai berikut:

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Berat awal (kg)} - \text{Berat akhir (kg)}}{\text{Berat awal (kg)}} \times 100\%$$

Perhitungan Konsumsi energi listrik

Konsumsi energi listrik mesin *chopper* menunjukkan besarnya energi listrik yang digunakan selama proses pencacahan rumput gajah. Konsumsi energi dihitung berdasarkan daya mesin dan lama waktu pencacahan dibandingkan dengan berat bahan yang dicacah. Mesin *chopper* yang digunakan memiliki daya 1 HP (0,746 kW). Rumus perhitungan konsumsi energi listrik sebagai berikut:

$$\frac{\text{Konsumsi energi listrik } \textit{chopper} \text{ (kWh kg}^{-1}\text{)} = \text{Daya (kW)} \times \text{Waktu (jam)}}{\text{Berat bahan (kg)}}$$

Perhitungan biaya listrik

Biaya listrik mesin menunjukkan besarnya biaya listrik yang digunakan dalam proses produksi pakan. Biaya listrik dihitung berdasarkan konsumsi energi listrik mesin *chopper* dan tarif listrik sebesar Rp1.352 kWh⁻¹. Rumus perhitungan biaya listrik sebagai berikut:

$$\text{Biaya listrik } \textit{chopper} \text{ (Rp kg}^{-1}\text{)} = \text{Konsumsi energi (kWh kg}^{-1}\text{)} \times \text{Tarif listrik (Rp kWh}^{-1}\text{)}$$

Pengukuran persentase ketepatan ukuran cacahan

Persentase ketepatan ukuran partikel rumput gajah ditentukan berdasarkan hasil pencacahan menggunakan *chopper* dengan ukuran partikel ≥ 40 mm (panjang), 20 mm (sedang), dan ≤ 8 mm (pendek). Ukuran partikel dikategorikan tepat apabila panjang partikel hasil pencacahan sesuai dengan ukuran partikel yang ditetapkan. Nilai ketepatan ukuran partikel dinyatakan dalam bentuk persentase (%). Rumus perhitungan ketepatan ukuran partikel cacahan:

$$\text{Ketepatan ukuran partikel} \quad (\%) = \frac{\text{Berat ukuran cacahan yang tepat (g)}}{\text{Total berat sampel (g)}} \times 100\%$$

Pengukuran distribusi ukuran partikel cacahan hijauan rumput gajah dan Total Mixed Ration (TMR)

Distribusi ukuran partikel cacahan rumput gajah diukur menggunakan *Modified Penn State Particle Separator* (PSPS) yang terdiri dari empat saringan yaitu 40 mm, 20 mm, 8 mm, dan 4 mm serta satu pan. Modifikasi dilakukan pada dimensi alat dari ukuran standar 39,5 × 36 × 9,5 cm menjadi 40 × 30 × 10 cm, sehingga jumlah sampel yang digunakan disesuaikan dari standar 500 g menjadi 444 g berdasarkan perbandingan volume alat. Sampel diletakkan pada saringan paling atas, kemudian separator digerakkan maju-mundur secara horizontal, yaitu satu siklus dihitung sebagai satu gerakan maju dan mundur. Gerakan dilakukan sebanyak lima kali, kemudian separator diputar seperempat putaran. Proses ini diulangi sebanyak delapan siklus sehingga total pengocokan mencapai 40 kali untuk memperoleh distribusi partikel yang merata. Material yang tertahan di masing-masing saringan ≥ 40 mm (panjang), 20 mm (sedang), dan ≤ 8 mm (pendek) ditimbang. Persentase ukuran cacahan untuk masing-masing fraksi dihitung dengan rumus:

Persentase ukuran partikel

$$(\%) = \frac{\text{Berat material pada saringan}}{\text{Total berat sampel}} \times 100\%$$

Pengukuran karakteristik fisik

Pengukuran karakteristik fisik dilakukan secara organoleptik terhadap sampel hijauan segar, silase, dan *hay*. Pengujian melibatkan 25 panelis (Santi et al. 2012) untuk menilai karakteristik fisik yang meliputi tekstur, warna, dan aroma pada setiap perlakuan. Penilaian dilakukan secara langsung berdasarkan pengamatan visual dan penciuman menggunakan skor 1–5, dengan skor 5 menunjukkan kualitas fisik terbaik dan skor 1 menunjukkan kualitas fisik terendah (Setyaningsih et al. 2010). Pengujian menggunakan lembar penilaian organoleptik yang memuat kriteria penilaian untuk setiap indikator. Nilai dari masing-masing panelis kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai karakteristik fisik pada setiap perlakuan.

Analisis kandungan nutrisi

Analisis kandungan nutrisi dilakukan menggunakan metode AOAC (*Association of Official Analytical Chemists* 2005) untuk menentukan kandungan nutrisi bahan pakan yang meliputi kadar bahan kering (BK), abu, protein kasar (PK), lemak kasar (LK), dan serat kasar (SK). Analisis dilakukan terhadap konsentrat serta hijauan rumput gajah yang terdiri atas rumput gajah segar, silase, dan *hay*, dengan proporsi ukuran partikel 70% cacahan 3 cm dan 30% cacahan 5 cm. Seluruh analisis dilakukan di Laboratorium Pusat Bioteknologi (Biotech Center), Analisa Bahan Hayati, IPB University. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui karakteristik kandungan nutrisi masing-masing bahan pakan sebagai dasar penyusunan formulasi *total mixed ration* (TMR).

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 perlakuan dan 4 kelompok berdasarkan waktu produksi TMR. Perlakuan pada penelitian ini yaitu: P0 = Hijauan segar + konsentrat (TMR segar), P1 = Hijauan silase + konsentrat (TMR silase) dan P2 = Hijauan *hay* + konsentrat (TMR *hay*).

Data dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) sesuai model rancangan acak kelompok (RAK) melalui prosedur *general linear model* (GLM) *univariate* pada IBM SPSS Statistics versi 27. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$), pengujian dilanjutkan dengan uji Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Mesin Chopper dan Mixer

Mesin pencacah *chopper* dan pencampur *mixer* merupakan alat penting dalam proses pengolahan pakan ternak karena berperan dalam pencacahan hijauan dan pencampuran bahan pakan secara homogen. Kinerja kedua mesin dapat memengaruhi efisiensi produksi

Tabel 4 Data teknis hasil pengukuran kinerja mesin *chopper* dan *mixer* dalam pembuatan *total mixed ration* (TMR)

Peubah mesin <i>chopper</i>	Perlakuan		<i>p-value</i>
	3 cm	5 cm	
Kapasitas produksi (kg jam ⁻¹)	255,70±64,44	280,89±60,31	0,448
Penyusutan (%)	2,88±0,59	1,05±0,27	0,008
Konsumsi energi listrik (kWh kg ⁻¹)*	0,0049±0,0012	0,0038±0,0008	0,269
Biaya listrik <i>chopper</i> (Rp kg ⁻¹)*	2,28±0,59	1,66±0,20	0,097
Ketepatan ukuran cacahan	97,19±0,57	97,79±0,30	0,167
Peubah mesin <i>mixer</i>			
Kapasitas produksi (kg jam ⁻¹)		281,31±7,07	
Penyusutan (%)		1,80±0,62	
Konsumsi energi listrik (kWh)kg ⁻¹ **		0,0040±0,00	
Biaya listrik <i>mixer</i> (Rp kg ⁻¹)**		2,65±0,89	

Keterangan: *Tarif listrik Rp1.352/kWh. Mesin *chopper* menggunakan motor induksi 3 fasa tipe MS 90L-4 dengan daya 1, kW (1 HP). Keterangan: **Tarif listrik Rp1.352/kWh. Mesin *mixer* menggunakan motor listrik AC tipe horizontal *mixer* konsentrat dengan daya 1,5 HP (1,1 kW), kecepatan putar 28 rpm, frekuensi 50 Hz, tegangan 220 V, dan arus 6,5 A.

serta kualitas pakan yang dihasilkan. Peubah yang diamati meliputi kapasitas produksi, penyusutan bahan, konsumsi energi listrik, biaya listrik, serta ketepatan ukuran cacahan pada mesin *chopper*. Menurut Sari *et al.* (2018), ukuran cacahan hijauan berpengaruh terhadap efisiensi proses pengolahan pakan, sedangkan kapasitas mesin *mixer* menjadi salah satu indikator penting dalam menganalisis efektivitas proses pencampuran bahan pakan untuk menjadi konsentrat (Heriyanto dan Rahmadiano 2026). Hasil pengukuran kinerja mesin *chopper* dan *mixer* disajikan pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa ukuran cacahan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap penyusutan bahan, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas produksi, konsumsi energi listrik, biaya listrik, maupun ketepatan ukuran cacahan. Kapasitas produksi pada ukuran cacahan 5 cm sebesar 280,89 kg jam⁻¹, lebih tinggi sekitar 9,85% dibandingkan ukuran 3 cm sebesar 255,70 kg jam⁻¹, meskipun perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Kecenderungan kapasitas yang lebih tinggi pada cacahan 5 cm diduga berkaitan dengan kebutuhan reduksi ukuran yang lebih rendah, sehingga bahan berpotensi melewati unit pencacahan dengan lebih cepat. Sebaliknya, pencacahan hingga ukuran yang lebih pendek memerlukan reduksi ukuran yang lebih besar dan secara teoritis dapat meningkatkan beban proses pencacahan. Herrmann *et al.* (2011) melaporkan bahwa pemendekan panjang cacahan dapat menurunkan kapasitas kerja dan meningkatkan biaya proses, sedangkan Savoie *et al.* (1989) menunjukkan bahwa panjang cacahan memengaruhi kebutuhan energi pencacahan. Namun, karena waktu tinggal bahan, beban pisau, dan laju umpan tidak diukur dalam penelitian ini, mekanisme tersebut masih merupakan dugaan. Perbedaan kapasitas sebesar 25,19 kg jam⁻¹ pada penelitian ini belum cukup untuk menghasilkan pengaruh yang nyata secara statistik, yang menunjukkan bahwa kapasitas pencacahan kemungkinan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kadar air, karakteristik fisik bahan, laju pemasukan bahan, dan kondisi operasi mesin.

Penyusutan bahan pada ukuran cacahan 3 cm sebesar 2,88%, lebih tinggi dibandingkan ukuran 5 cm sebesar 1,05% dan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). Tingginya penyusutan pada ukuran cacahan 3 cm mengindikasikan bahwa pencacahan dengan target ukuran yang lebih pendek dapat meningkatkan kehilangan bahan selama proses pengolahan. Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan meningkatnya peluang sebagian bahan menjadi bagian yang sangat halus atau tertinggal pada ruang dan komponen mesin selama proses pencacahan. Hasil ini menunjukkan bahwa ukuran cacahan perlu dipertimbangkan tidak hanya berdasarkan ketepatan ukuran hasil cacahan, tetapi juga berdasarkan kehilangan bahan selama proses. Sebagai pembanding, Santosa *et al.* (2024) melaporkan bahwa kinerja mesin *chopper* pada rumput gajah dapat menghasilkan kapasitas kerja dan rendemen yang berbeda menurut jenis bahan yang digunakan, menunjukkan bahwa karakteristik bahan merupakan salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kinerja mesin pencacah.

Konsumsi energi listrik, biaya listrik, dan ketepatan ukuran cacahan tidak menunjukkan perbedaan nyata. Konsumsi energi listrik masing-masing sebesar 0,0049±0,0012 kWh kg⁻¹ pada ukuran 3 cm dan 0,0038±0,0008 kWh kg⁻¹ pada ukuran 5 cm, sedangkan biaya listrik masing-masing sebesar 2,28±0,59 dan 1,66±0,20 Rp kg⁻¹. Ketepatan ukuran cacahan juga relatif tinggi, yaitu 97,19±0,57% pada ukuran 3 cm dan 97,79±0,30% pada ukuran 5 cm. Tidak adanya perbedaan nyata pada parameter tersebut menunjukkan bahwa perubahan target ukuran cacahan dari 3 menjadi 5 cm tidak memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kebutuhan energi, biaya listrik, dan ketepatan ukuran cacahan dalam kondisi pengujian ini. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan cacahan dengan tingkat ketepatan ukuran yang relatif tinggi pada kedua perlakuan. Penelitian mengenai pengujian mesin pencacah hijauan juga menunjukkan bahwa kapasitas, ukuran hasil cacahan,

dan konsumsi energi/bahan bakar merupakan parameter penting dalam mengevaluasi performa mesin (Sari et al. 2018).

Karakteristik bahan juga dapat menjadi salah satu faktor yang memengaruhi respons mesin selama pencacahan. Perbedaan kadar air, struktur jaringan, diameter batang, dan kondisi fisik bahan dapat memengaruhi kemudahan bahan masuk ke ruang pencacahan, beban pemotongan, serta distribusi ukuran hasil cacahan. Oleh karena itu, interpretasi kinerja mesin perlu mempertimbangkan interaksi antara karakteristik bahan dan pengaturan proses pencacahan, bukan hanya ukuran cacahan yang ditetapkan. Penelitian Santosa et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan bahan uji yang berbeda dapat menghasilkan perbedaan pada kapasitas kerja dan parameter teknis mesin *chopper*, sehingga karakteristik bahan merupakan faktor penting dalam evaluasi kinerja mesin.

Mesin *mixer* yang digunakan untuk mencampurkan bahan penyusun TMR memiliki kapasitas produksi sebesar 281,31 kg jam⁻¹ dengan penyusutan bahan sebesar 1,80%. Nilai penyusutan tersebut menunjukkan bahwa kehilangan bahan selama proses pencampuran relatif kecil dalam kondisi pengujian. Namun, rendahnya penyusutan belum dapat digunakan sebagai indikator langsung bahwa campuran yang dihasilkan telah homogen. Efisiensi pencampuran sebaiknya dinilai berdasarkan tingkat homogenitas atau koefisien variasi (CV) dari komponen indikator dalam campuran. Dimaiwat et al. (2018) menggunakan CV untuk mengevaluasi efisiensi pencampuran dan menunjukkan bahwa kapasitas *mixer*, waktu pencampuran, jenis *mixer*, dan jenis pakan dapat memengaruhi homogenitas campuran.

Konsumsi energi listrik mesin *mixer* sebesar 0,0040 kWh kg⁻¹, sedangkan biaya listrik sebesar 2,65±0,89 Rp kg⁻¹. Nilai konsumsi energi yang relatif rendah menunjukkan bahwa kebutuhan energi spesifik selama proses pencampuran pada kondisi penelitian relatif kecil. Namun, efisiensi energi tidak dapat dinilai hanya berdasarkan konsumsi energi, karena perlu dipertimbangkan bersama kapasitas produksi, waktu pencampuran, dan kualitas homogenitas campuran. Penelitian mengenai kinerja *feed mixer* menunjukkan bahwa konsumsi energi berkaitan dengan kondisi operasi mesin, sedangkan kualitas pencampuran perlu

dievaluasi secara terpisah melalui tingkat keseragaman campuran.

Kapasitas produksi mesin *mixer* sebesar 281,31 kg jam⁻¹ menunjukkan kemampuan mesin dalam memproses bahan pada kondisi pengujian yang digunakan. Jika dibandingkan dengan penelitian Ardian et al. (2024), yang melaporkan bahwa mesin *mixer* pakan yang dikembangkan mampu mencapai kapasitas 958,3 kg jam⁻¹ pada kecepatan pengadukan 312,3 rpm menunjukkan bahwa mesin *mixer* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kapasitas yang lebih kecil. Perbedaan kapasitas ini dapat disebabkan karena kapasitas mesin sangat dipengaruhi oleh desain mesin, kecepatan putar, jenis dan karakteristik bahan, serta kondisi operasional. Dengan demikian, berdasarkan parameter yang diamati, mesin *chopper* menunjukkan kemampuan menghasilkan ukuran cacahan yang relatif tepat dengan kehilangan bahan yang lebih rendah pada target ukuran 5 cm, sedangkan mesin *mixer* mampu memproses bahan dengan kapasitas 281,31 kg jam⁻¹ dan kehilangan bahan sebesar 1,80%. Namun, penilaian terhadap homogenitas TMR belum dapat dilakukan karena parameter homogenitas tidak diukur dalam penelitian ini. Oleh karena itu, kinerja pengolahan pada penelitian ini lebih tepat dievaluasi berdasarkan kapasitas, kehilangan bahan, konsumsi energi, biaya listrik, dan ketepatan ukuran cacahan.

Distribusi Ukuran pPartikel Cacahan Rumput Gajah dan Total Mixed Ration (TMR)

Perbedaan teknik pengawetan hijauan berpotensi memengaruhi distribusi ukuran partikel hasil pencacahan maupun distribusi ukuran partikel pada *total mixed ration* (TMR). Distribusi ukuran partikel diukur menggunakan *penn state particle separator* (PSPS) yang dimodifikasi. Pengukuran dilakukan terhadap rumput gajah segar, silase, dan *hay* yang dicacah dengan komposisi 30% berukuran 5 cm dan 70% berukuran 3 cm. Pengukuran juga dilakukan pada TMR yang disusun dari 30% hijauan dan 70% konsentrat berdasarkan bahan kering. Seluruh sampel berasal dari empat kali proses produksi. Pada hijauan, distribusi ukuran partikel ditargetkan sebesar 30% tertahan pada ayakan 40 mm dan 70% tertahan pada ayakan 20–8 mm.

Tabel 5 Distribusi ukuran partikel cacahan rumput gajah berdasarkan metode pengawetan

Partikel cacahan	Perlakuan hijauan			p-value
	Segar	Silase	Hay	
Ukuran partikel 40 mm (%)	27,50±0,57 ^A	29,75±0,50 ^B	29,50±0,57 ^B	0,001
Bias (%)	2,5	0,25	0,50	
Ukuran partikel 20-8 mm (%)	67,75±1,89	69,00±0,81	68,50±1,29	0,470
Bias (%)	2,25	1,00	1,50	
Ukuran partikel 4 mm dan <i>pan</i>	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	
Bias	0,00	0,00	0,00	

Keterangan: Hijauan terdiri dari 30% partikel berukuran 5 cm dan 70% partikel berukuran 3 cm. Nilai bias menunjukkan selisih distribusi ukuran partikel terhadap target yang ditetapkan. Superskrip huruf besar yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan bahwa perlakuan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$).

Tabel 6 Distribusi ukuran partikel *total mixed ration* berdasarkan jenis pengawetan hijauan

Partikel cacahan (%)	Perlakuan			p-value
	P0	P1	P2	
Ukuran partikel 40, 20, dan 8 mm (%)	27,75±0,95	28,75±0,95	29,75±0,50	0,064
Bias (%)	2,5	1,25	0,25	
Ukuran partikel 4 mm dan pan (%)	67,75±0,95 ^a	69,00±0,81 ^b	70,00±0,00 ^b	0,021
Bias (%)	2,25	1,00	0,00	

Keterangan: Hijauan 30% dan konsentrat 70%. Nilai bias menunjukkan selisih distribusi ukuran partikel terhadap target yang ditetapkan. Superskrip huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). P0 = Hijauan segar + konsentrat (TMR segar), P1 = Hijauan silase + konsentrat (TMR silase), P2 = Hijauan hay + konsentrat (TMR hay)

Pada TMR, distribusi ukuran partikel ditargetkan sebesar 30% tertahan pada ayakan 40, 20, dan 8 mm yang merepresentasikan fraksi hijauan, sedangkan 70% tertahan pada ayakan 4 mm dan pan yang merepresentasikan fraksi konsentrat. Hasil pengukuran distribusi ukuran partikel disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Kondisi pengawetan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap proporsi partikel hijauan yang tertahan pada ayakan 40 mm. Rumpun gajah silase memiliki proporsi partikel 40 mm tertinggi, yaitu 29,75±0,50%, diikuti hay sebesar 29,50±0,57% dan rumpun gajah segar sebesar 27,50±0,57%. Pada Tabel 5, perbedaan sangat nyata terutama terdapat antara rumpun gajah segar dan silase, sedangkan nilai pada hay tidak berbeda nyata dengan kedua perlakuan tersebut. Dengan demikian, pengaruh metode pengawetan terhadap fraksi partikel kasar terutama terlihat pada perbedaan antara hijauan segar dan silase. Peningkatan proporsi partikel yang tertahan pada ayakan 40 mm pada silase dibandingkan hijauan segar tidak dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai akibat perubahan struktur jaringan selama fermentasi. Distribusi partikel pada metode PSPS tidak hanya dipengaruhi oleh panjang geometris partikel, tetapi juga oleh bentuk dan karakteristik fisik partikel serta bahan kering saat pengukuran. Kononoff *et al.* (2003) menunjukkan bahwa kadar bahan kering dan prosedur pengayakan dapat memengaruhi distribusi partikel yang diperoleh dengan PSPS. Oleh karena itu, perbedaan proporsi fraksi 40 mm pada penelitian ini lebih tepat dipandang sebagai perubahan distribusi partikel setelah proses pengawetan dan pencacahan, tanpa menyimpulkan mekanisme perubahan jaringan tanaman secara langsung.

Pada fraksi partikel 20–8 mm, metode pengawetan tidak memberikan pengaruh nyata ($P = 0,470$). Proporsi partikel pada rumpun gajah segar, silase, dan hay masing-masing sebesar 67,75±1,89%, 69,00±0,81%, dan 68,50±1,29%. Dominasi fraksi 20–8 mm menunjukkan bahwa sebagian besar hasil pencacahan berada pada kisaran ukuran sedang, sehingga target pencacahan 30% partikel berukuran 5 cm dan 70% berukuran 3 cm secara umum menghasilkan distribusi partikel yang terkonsentrasi pada fraksi tersebut. Distribusi ukuran partikel merupakan salah satu karakteristik fisik penting dalam evaluasi hijauan dan TMR karena ukuran partikel berkaitan dengan karakteristik fisik ransum dan fungsi

serat secara fisik. Lammers *et al.* (1996) mengembangkan PSPS sebagai metode sederhana untuk mengukur distribusi ukuran partikel hijauan dan TMR, sedangkan Kononoff *et al.* (2003) menunjukkan bahwa modifikasi separator dapat meningkatkan karakterisasi fraksi partikel yang lebih kecil. Tidak ditemukan partikel pada ayakan 4 mm maupun pan pada seluruh perlakuan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi pengujian ini, fraksi partikel sangat halus relatif tidak terbentuk atau jumlahnya berada di bawah batas deteksi pengukuran. Namun, hasil tersebut sebaiknya tidak langsung diartikan sebagai bukti bahwa proses pencacahan “meminimalkan” pembentukan partikel halus, karena distribusi partikel juga dapat dipengaruhi oleh kondisi kadar air dan prosedur pengayakan. Kononoff *et al.* (2003) melaporkan bahwa perubahan kadar air dapat memengaruhi jumlah material yang masuk ke fraksi partikel kecil pada pengukuran PSPS.

Nilai bias distribusi partikel hijauan berkisar antara 0,00–2,50%, yang menunjukkan bahwa deviasi hasil pengukuran terhadap target distribusi relatif kecil. Pada fraksi 40 mm, bias masing-masing perlakuan adalah 2,50% pada hijauan segar, 0,25% pada silase, dan 0,50% pada hay. Nilai tersebut menunjukkan bahwa silase memiliki distribusi fraksi kasar yang paling mendekati target 30%, sedangkan hijauan segar memiliki deviasi terbesar. Dengan demikian, nilai bias dapat digunakan sebagai indikator kedekatan distribusi hasil pencacahan terhadap target yang telah ditetapkan, tetapi tidak digunakan sebagai pengganti parameter kinerja mesin seperti kapasitas, penyusutan, atau konsumsi energi. Hasil penelitian Sari *et al.* (2018) menunjukkan bahwa evaluasi mesin pencacah rumpun gajah dapat mencakup kapasitas kerja, persentase panjang cacahan, konsumsi energi/bahan bakar, dan biaya operasi, sehingga distribusi ukuran partikel merupakan salah satu aspek yang melengkapi evaluasi kinerja mesin.

Ukuran partikel TMR pada Tabel 6 menunjukkan bahwa metode pengawetan hijauan tidak berpengaruh nyata terhadap proporsi partikel pada kelompok ayakan 40, 20, dan 8 mm ($P = 0,064$). Proporsi partikel pada fraksi tersebut relatif seragam, yaitu 27,75±0,95% pada P0, 28,75±0,95% pada P1, dan 29,75±0,50% pada P2. Meskipun nilai rata-rata menunjukkan kecenderungan peningkatan proporsi fraksi kasar dari P0 ke P2, perbedaan tersebut belum mencapai taraf nyata. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengawetan hijauan tidak memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap fraksi partikel kasar TMR pada kondisi penelitian. Sebaliknya,

Tabel 7 Karakteristik fisik rumput gajah segar, silase, dan hay

Indikator	Perlakuan hijauan			p-value
	Segar	Silase	Hay	
Tekstur	4,16±0,89 ^a	4,56±0,50 ^b	4,28±0,67 ^{ab}	0,039
Warna	4,88±0,33	4,72±0,45	4,80±0,40	0,375
Aroma	4,84±0,37	4,76±0,43	4,64±0,48	0,311

Keterangan: Nilai yang diperoleh merupakan rata-rata ± standar deviasi hasil penilaian 25 panelis terhadap parameter tekstur, warna, dan aroma (Santi et al. 2012). Skor 1–5 menunjukkan kualitas organoleptik hijauan berdasarkan tekstur, warna, dan aroma, dengan skor 5 menunjukkan kualitas terbaik dan skor 1 menunjukkan kualitas terendah. Skor tinggi pada hijauan segar menunjukkan tekstur tegar, warna hijau seragam, dan aroma segar; pada silase menunjukkan tekstur kompak, warna hijau zaitun hingga kecokelatan, dan aroma asam segar khas silase; sedangkan pada hay menunjukkan tekstur kering dan elastis, warna hijau kecokelatan yang seragam, dan aroma segar khas hay. (Setyaningsih et al. 2010). Superskrip huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

pada fraksi 4 mm dan pan, terdapat perbedaan nyata antar perlakuan ($P=0,021$). Proporsi fraksi tersebut masing-masing sebesar 67,75±0,95% pada TMR+Segar, 69,00±0,81% pada P1, dan 70,00±0,00% pada P2. P2 memiliki proporsi fraksi halus tertinggi dan berbeda nyata dengan P0, sedangkan P1 tidak berbeda nyata dengan kedua perlakuan tersebut berdasarkan superskrip pada Tabel 6. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan metode pengawetan lebih terlihat pada distribusi fraksi halus TMR dibandingkan fraksi kasar.

Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan kondisi fisik hijauan setelah mengalami proses pengawetan. Hijauan yang mengalami pengeringan atau perubahan struktur selama pengawetan dapat memiliki karakteristik fisik yang berbeda ketika dicacah dan kemudian dicampurkan dengan konsentrat. Namun, berdasarkan data yang tersedia, mekanisme tersebut belum dapat dipastikan karena penelitian ini tidak mengukur perubahan struktur jaringan atau karakteristik mekanik bahan secara langsung. Selain itu, penelitian Piran Filho et al. (2023) menunjukkan bahwa distribusi partikel yang diperoleh dengan PSPS dapat dipengaruhi oleh bentuk partikel dan karakteristik proses pengayakan; partikel yang memanjang dapat tertahan pada ayakan meskipun panjang maksimumnya melebihi ukuran bukaan ayakan.

Nilai bias pada TMR menunjukkan deviasi terhadap target distribusi 30% fraksi kasar dan 70% fraksi halus. Pada fraksi kasar, bias masing-masing perlakuan adalah 2,50%, 1,25%, dan 0,25% untuk P0, P1, dan P2. Pada fraksi halus, bias masing-masing sebesar 2,25%, 1,00%, dan 0,00%. Secara deskriptif, P2 menunjukkan nilai bias terkecil pada kedua kelompok fraksi sehingga distribusinya paling mendekati target yang ditetapkan. Distribusi ukuran partikel juga tidak dapat digunakan

secara langsung untuk menyatakan bahwa proses pencampuran menghasilkan TMR yang homogen. Homogenitas TMR memerlukan pengukuran keseragaman komponen bahan atau nutrisi pada beberapa sampel yang diambil dari bagian berbeda dalam campuran. Penelitian mengenai TMR menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel merupakan parameter penting dalam karakterisasi fisik ransum, sedangkan homogenitas dan penyortiran merupakan parameter yang berbeda dan perlu dievaluasi secara terpisah.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode pengawetan hijauan terutama memengaruhi distribusi fraksi partikel tertentu setelah hijauan diolah dan dicampurkan ke dalam TMR. Pada hijauan, pengaruh nyata terlihat pada fraksi 40 mm, sedangkan pada TMR pengaruh nyata terlihat pada fraksi 4 mm dan pan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan karakteristik fisik hijauan akibat metode pengawetan dapat tercermin pada distribusi ukuran partikel TMR, meskipun pengaruhnya berbeda menurut fraksi ukuran partikel.

Karakteristik Fisik Hijauan

Karakteristik fisik hijauan merupakan salah satu indikator kualitas pakan yang dapat memengaruhi tingkat penerimaan ternak. Peubah yang diamati meliputi tekstur, warna, dan aroma, karena ketiga parameter tersebut dapat mengalami perubahan selama proses pengawetan menjadi silase maupun hay (Kung et al. 2018). Hasil pengamatan karakteristik fisik rumput gajah segar, silase, dan hay disajikan pada Tabel 7.

Metode pengawetan berbeda nyata terhadap tekstur hijauan ($p < 0,05$), namun tidak berbeda nyata terhadap warna dan aroma.

Tabel 8 Kandungan nutrisi bahan penyusun TMR dengan metode pengawetan rumput gajah yang berbeda (% BK)

Peubah (%)	Konsentrat*	Segar**	Silase**	Hay **
Bahan kering	91,31	30,96	29,12	90,42
Abu	8,52	6,63	11,92	7,18
Protein kasar	21,05	8,99	6,85	10,39
Lemak kasar	4,33	1,67	0,92	1,82
Serat kasar	20,27	36,67	35,07	28,68
BETN***	45,83	46,04	45,24	51,93

Keterangan: *Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University (2026) **Hasil Analisis Laboratorium Pusat Bioteknologi (Biotech Center) Analisa Bahan Hayati IPB University (2026) ***Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen

Tabel 9 Kandungan nutrisi hasil formulasi *total mixed ration* (TMR) dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat (% BK)

Peubah (%)	*TMR segar	*TMR silase	*TMR hay
Abu	7,95	9,54	8,12
Protein kasar	17,43	16,79	17,85
Lemak kasar	3,53	3,31	3,58
Serat kasar	25,19	24,71	22,79
BETN**	45,90	45,65	47,66

Keterangan: *Kandungan nutrisi TMR merupakan hasil perhitungan (*weighted average*) berdasarkan kandungan nutrisi bahan penyusun pada basis bahan kering (% BK) dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat. **Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen

Nilai tekstur tertinggi diperoleh pada silase 4,56, kemudian hay 4,28 dan rumput gajah segar 4,16.

Tekstur silase berbeda nyata dengan rumput gajah segar, sedangkan hay tidak berbeda nyata dengan keduanya. Tekstur silase yang lebih baik menunjukkan bahwa hijauan tetap utuh, tidak menggumpal, tidak berlendir, dan mudah dipisahkan. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik silase berkualitas baik yang memiliki tekstur relatif utuh dan tidak mengalami kerusakan fisik selama proses fermentasi (Wati et al. 2018).

Metode pengawetan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap warna hijauan. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengawetan yang dilakukan tidak banyak mengubah warna hijauan, sehingga karakteristik silase berkualitas baik dan menunjukkan bahwa proses ensilase berlangsung secara normal tanpa kerusakan yang berarti (Banu et al. 2020; Yuvita et al. 2021).

Aroma hijauan juga tidak dipengaruhi secara nyata oleh metode pengawetan. Meskipun skor aroma silase 4,76 sedikit lebih rendah dibandingkan rumput gajah segar 4,84 dan lebih tinggi dibandingkan hay 4,64, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Aroma asam yang terdeteksi pada silase merupakan hasil pembentukan asam organik, terutama asam laktat, oleh aktivitas bakteri asam laktat selama fermentasi anaerob dan menjadi salah satu indikator silase dengan kualitas fermentasi yang baik (Irawati et al. 2019). Secara keseluruhan, rumput gajah segar, silase, dan hay memiliki karakteristik fisik yang baik dengan skor penilaian yang tinggi pada seluruh parameter, menunjukkan bahwa ketiga bentuk hijauan memiliki mutu fisik yang baik setelah proses pengawetan.

Hasil Analisis Kandungan Nutrien Hijauan dan Total Mixed Ration (TMR)

Metode pengawetan hijauan dapat memengaruhi kandungan nutrisi yang dihasilkan akibat perubahan fisik, kimia, dan biologis selama proses fermentasi maupun pengeringan (Hediawan et al. 2024). Analisis kandungan nutrisi dilakukan untuk mengetahui perubahan kandungan nutrisi rumput gajah segar, silase, dan hay yang digunakan sebagai sumber hijauan dalam penyusunan *total mixed ration* (TMR). Hasil analisis kandungan nutrisi bahan penyusun TMR disajikan pada Tabel 8, sedangkan kandungan nutrisi TMR hasil formulasi dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat disajikan pada Tabel 9.

Metode pengawetan hijauan dapat memengaruhi kandungan nutrisi akibat perubahan fisik, kimia, dan biologis selama proses fermentasi maupun pengeringan (Hediawan et al. 2024). Hasil analisis kandungan nutrisi menunjukkan bahwa bahan kering dari terkecil hingga tertinggi terdapat pada silase, rumput gajah segar, dan

hay. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengeringan lebih efektif menurunkan kadar air dibandingkan fermentasi silase. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Dumadi et al. (2021) yang melaporkan kadar air rumput gajah segar sekitar 76,3% serta Chanpla et al. (2017) yang melaporkan kisaran kadar air 69–72%. Kandungan protein kasar rumput gajah segar sebesar 8,99% lebih tinggi dibandingkan silase 6,85%, namun lebih rendah dibandingkan hay 10,39%. Nilai tersebut masih berada pada kisaran kandungan protein kasar rumput gajah yang dilaporkan oleh Rustiyana et al. (2016), yaitu 6,26%–10,20% BK. Kandungan serat kasar tertinggi terdapat pada rumput gajah segar 36,67%, kemudian silase 35,07%, sedangkan hay memiliki serat kasar terendah 28,68%. Nilai serat kasar rumput gajah segar sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Rustiyana et al. (2016) yang melaporkan serat kasar sebesar 32,42% BK. Penurunan kandungan serat kasar pada hay disebabkan oleh perubahan proporsi komponen dinding sel selama proses pengeringan sehingga fraksi serat yang terukur menjadi lebih rendah.

Kandungan BETN relatif seragam, yaitu berkisar antara 45,24%–51,93%, menunjukkan bahwa fraksi karbohidrat nonstruktural tetap tersedia setelah proses pengawetan. Kandungan abu tertinggi terdapat pada silase 11,92%, sedangkan lemak kasar tertinggi terdapat pada hay 1,82%. Peningkatan kadar abu pada silase berkaitan dengan meningkatnya konsentrasi mineral akibat berkurangnya komponen organik selama fermentasi, sedangkan proses pengeringan pada hay mampu mempertahankan kandungan lemak lebih baik. Hasil tersebut sejalan dengan Dumadi et al. (2021), yang melaporkan bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan konsentrasi mineral, sedangkan pengeringan cenderung mempertahankan kandungan lemak hijauan. Berdasarkan hasil formulasi dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat, kandungan nutrisi TMR mengikuti karakteristik hijauan yang digunakan. TMR berbasis hay menghasilkan kandungan protein kasar tertinggi 17,85%, serat kasar terendah

Tabel 10 Perbandingan harga *total mixed ration* (TMR)

Parameter	TMR Segar	TMR Silase	TMR Hay	p-value
Harga Rp/kg	2.719±0,00A	2.911±0,02 ^A	4.305±0,18 ^B	0,000

Keterangan: Harga bahan baku segar per kilogram yang digunakan dalam formulasi terdiri atas konsentrat Rp3.669/kg, rumput gajah segar Rp500/kg, silase Rp1.142/kg, dan hay Rp5.789/kg. Harga TMR dihitung berdasarkan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat, kemudian dirata-ratakan dari empat kali produksi. Superskrip huruf besar yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan bahwa perlakuan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$).

22,79%, serta BETN tertinggi 47,66%. TMR berbasis silase memiliki kandungan abu tertinggi 9,54%, sedangkan TMR berbasis rumput gajah segar menghasilkan kandungan protein kasar sebesar 17,43% dan serat kasar sebesar 25,19%. Perbedaan komposisi nutrisi tersebut menunjukkan bahwa teknik pengawetan hijauan memengaruhi karakteristik nutrisi hijauan yang selanjutnya berkontribusi terhadap kandungan nutrisi akhir TMR hasil formulasi.

Perbandingan Harga *Total Mixed Ration* (TMR)

Analisis harga *total mixed ration* (TMR) dilakukan untuk mengetahui biaya penyusunan ransum pada setiap metode pengawetan hijauan. Perhitungan harga didasarkan pada biaya bahan baku penyusunan ransum dengan komposisi 30% hijauan dan 70% konsentrat. Hasil perbandingan harga TMR disajikan pada Tabel 10. Metode pengawetan hijauan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap harga TMR. TMR berbasis rumput gajah segar memiliki harga terendah, yaitu Rp2.719/kg, dan tidak berbeda nyata dengan TMR berbasis silase sebesar Rp2.911/kg. Sebaliknya, TMR berbasis hay memiliki harga tertinggi, yaitu Rp4.305/kg, dan berbeda sangat nyata dibandingkan kedua perlakuan lainnya. Harga TMR berbasis silase yang relatif mendekati TMR berbasis rumput gajah segar menunjukkan bahwa proses ensilase tidak menyebabkan peningkatan biaya penyusunan ransum yang berarti. Selain itu, silase diketahui memiliki keunggulan dalam mempertahankan kualitas hijauan serta memperpanjang masa simpan dibandingkan hijauan segar (Kung et al. 2018; Bueno et al. 2020). Tingginya harga TMR berbasis hay disebabkan oleh biaya tambahan selama proses pengeringan serta penyusutan bobot hijauan untuk mencapai kadar bahan kering yang tinggi. Lamid et al. (2016) menyatakan bahwa produksi hay memerlukan proses pengeringan yang lebih intensif sehingga dapat meningkatkan biaya produksi dibandingkan hijauan segar maupun silase. Berdasarkan hasil tersebut, TMR berbasis silase dapat menjadi alternatif yang ekonomis karena memiliki harga yang tidak berbeda nyata dengan TMR berbasis rumput gajah segar, namun menawarkan keunggulan dalam penyimpanan hijauan sebagaimana dilaporkan pada berbagai penelitian dan TMR berbasis hay memberikan kandungan bahan kering yang tinggi, tetapi memerlukan biaya penyusunan ransum yang lebih besar.

SIMPULAN

Perbedaan metode pengawetan rumput gajah menghasilkan perbedaan karakteristik bahan yang memengaruhi kinerja pengolahan dan karakteristik fisikokimia *total mixed ration* (TMR). Mesin *chopper* mampu menghasilkan ukuran cacahan yang mendekati target distribusi ukuran partikel, sedangkan proses pencampuran menggunakan *mixer* menghasilkan campuran TMR yang homogen. Metode pengawetan rumput gajah menghasilkan perbedaan distribusi ukuran partikel dan tekstur hijauan, kandungan bahan kering (BK) dan biaya produksi TMR. Pemilihan metode pengawetan hijauan yang tepat penting untuk mencapai pengolahan TMR yang efisien, karakteristik fisikokimia yang diinginkan, komposisi nutrisi yang memadai, dan biaya produksi TMR yang ekonomis.

ACKNOWLEDGMENTS

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas nama Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Program EQUITY, berdasarkan Nomor Kontrak 4297/B3/DT.03.08/2025 dan 42011/IT3/HK.07.00-4/P/B/2025, atas dukungan pendanaan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2024. *SNI 7785:2024 Mesin Pencacah Hijauan Pakan Ternak Syarat Mutu dan Metode Uji*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional
- Aman & Harsita PA. 2019. Tiga pilar usaha ternak: breeding, feeding and management. *Jurnal Sains Peternakan*. 14(4):431-439. doi:10.31186/jspi.id.14.4.431-439.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Ed ke-18. Gaithersburg (US): AOAC International.
- Bueno AVI, Lazzari G, Jobim CC & Daniel JLP. 2020. Ensiling *total mixed ration* for ruminants: a review. *Agronomy*. 10:879. doi:10.3390/agronomy10060879.
- Ardian A, Wikantara AA, Aditya ZA & Kusdiyarto P. 2024. Performance analysis of the fabricated animal feed mixer machine. *Journal of Engineering and Applied Technology*. 5(2):85-93. doi.org/10.21831/jeatech.v5i2.73308.
- Banu M, Supratman H & Hidayati YA. 2020. The effect of various additive materials on physical quality and silage chemical rice chemistry (Zea mays L.). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*. 19(2):6. doi.org/10.24198/jit.v19i2.22840.
- Chanpla M, Kullavanijaya P, Janejadkarn A & Chavalparit O. 2017. Effect of harvesting age and performance evaluation on biogasification from Napier grass in separated stages process. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 22:1-6. doi:10.1007/s12205-017-1164-y.
- Despal, Permana IG, Safarina & Tatra AJ. 2011. Penggunaan berbagai sumber karbohidrat terlarut air untuk meningkatkan kualitas silase daun rami. *Media Peternakan*. 34(1):69-76. doi:10.5398/medpet.2011.34.1.69.
- Dimaiwat MI, Belen GCC, Reyes FCC & Angeles AA. 2018. Analysis of feed mixer efficiencies of commercial feed manufacturers in

- the Philippines from 2012 to 2016. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 44(2):103-110.
- Dumadi EH, Abdullah L & Sukria HA. 2021. Kualitas hijauan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) berbeda tipe pertumbuhan: review kuantitatif. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 19(1):6-13. doi:10.29244/jintp.19.1.6-13.
- Heriyanto ESG & Rahmadiano F. 2026. Perancangan mesin pengaduk pakan ternak dengan sirip model cakar untuk hasil pengadukan yang merata. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*. 6(1):84-90. doi:10.47549/jmmme.v6i1.16029.
- Hediawan F, Cakra IGLO & Trisnadewi AA. 2024. Kandungan nutrisi silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan penambahan tepung daun gamal (*Gliricidia sepium*) pada level berbeda. *Pastura: Jurnal Ilmu Tumbuhan Pakan Ternak*. 14(1): 45-51.
- Herrmann C, Prochnow A & Heiermann M. 2011. Influence of chopping length on capacities, labour time requirement and costs in the harvest and ensiling chain of maize. *Biosystems Engineering*. 110(3), 310-320. doi:10.1016/j.biosystemseng.2011.09.004
- Irawati E, Purnamasari E & Arsyad F. 2019. Kualitas fisik dan nutrisi silase eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Peternakan*. 16(1):18-24. doi:10.24014/jupet.v16i1.3679.
- Juanda & Yuniar. 2018. Kualitas biskuit berbahan dasar hay petai cina dan rumput gajah sebagai bahan pakan ternak ruminansia. *Jurnal Ilmu Peternakan*. 6:7-13.
- Kamal A & Bandri S. 2023. Analisa pengaruh ketidakseimbangan tegangan motor induksi 3 fasa menggunakan MATLAB Simulink. *Rang Teknik Journal*. 6(2):167-175. doi:10.31869/rtj.v6i2.4154.
- Kearl LC. 1982. *Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries*. Logan (US): International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University.
- Kilic A. 1984. *Silo Yemi (Silage Feed)*. Izmir (TR): Bilgehan Press.
- Kurniati D, Hidayati N & Kurnadi B. 2021. Efek perbedaan teknik pengeringan terhadap kualitas hay rumput odot. *Maduranch: Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 6(1):9-14. doi:10.53712/maduranch.v6i1.1067.
- Kung L Jr, Shaver RD, Grant RJ & Schmidt RJ. 2018. Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*. 101(5):4020-4033. doi:10.3168/jds.2017-13909.
- Kononoff PJ, Heinrichs AJ & Buckmaster DR. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 86(5):1577-1587. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4.
- Lamid M, Wahjuni RS & Nurhajati T. 2016. Pengolahan silase dari hay (*hay lase*) sebagai bank pakan hijauan dengan konsentrat untuk penggemukan sapi potong di Kecamatan Arosbaya. *Jurnal Agroveteriner*. 5(1):74-80.
- Landupari M, Foekh AHB & Utami KB. 2020. Pembuatan silase rumput gajah odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) dengan penambahan berbagai dosis molasses. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 22(2):249-253. doi:10.25077/jpi.22.2.249-253.2020.
- Lammers BP, Buckmaster D & Heinrichs AJ. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 79(5):922-928. doi:10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1.
- Martins LF, Cueva SF, Wasson DE, Silvestre T, Stepanchenko N, Hile ML & Hristov AN. 2024. Separate offering of forages and concentrates to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 107(7):4587-4604. doi:10.3168/jds.2023-24261.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA & Wilkinson RG. 2022. *Animal Nutrition*. Ed ke-8. Singapore (SG): Pearson.
- McElhlary RR. 1994. *Feed Manufacturing Technology IV*. Arlington (US): American Feed Industry Association Inc.
- Panjaitan U. 2020. Perancangan mesin pencacah rumput multifungsi dengan metode VDI 2221. Presisi: *Jurnal Teknik Mesin*. 22(1):65-78.
- Piran Filho FA, Bragatto JM, Parra CS & et al. 2023. Physical effectiveness of corn silage fractions stratified with the Penn State Particle Separator for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 106(9): 6041-6059. DOI: 10.3168/jds.2022-23063.
- Daniel JLP. 2023. Physical effectiveness of corn silage fractions. *Journal of Dairy Science*. 106:6041-6059. doi:10.3168/jds.2022-23063.
- Putra MS, Ali U, Muwahhid B. 2021. Pengaruh penggunaan konsentrat dalam pakan total mixed ration terhadap kandungan lemak, laktosa, dan solid non fat susu segar sapi PFH. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. 4(2):252-256.
- Rasuli N, Wibowo DN, Taufik M. 2022. Kajian kualitas silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan penambahan lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dedak, dan jagung giling. *Jurnal Agrisistem*. 18(1):28-34. doi:10.52625/j-agr.v18i1.223.
- Rustiyana E, Liman, Fathul F. 2016. Pengaruh substitusi rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan pelepah daun sawit terhadap kecernaan protein kasar dan kecernaan serat kasar pada kambing. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 4(2):161-165.
- Santi RK, Fatmasari D, Widyawati SD, Suprayogi WPS. 2012. Kualitas dan nilai pencernaan in vitro silase batang pisang dengan penambahan beberapa akselerator. *Tropical Animal Husbandry*. 1(1):15-23.
- Santosa. 2017. *Aplikasi Keteknikan Pertanian untuk Budidaya Padi*. Padang (ID): Penerbit Erka dan CV Rumahkayu Pustaka Utama.
- Santosa, Putri I, Fauzi FF. 2024. Analisis tekno-ekonomi mesin pencacah hijauan (*chopper*) tipe vertikal di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah dengan perlakuan ragam bahan uji. *GreenTech: Revolutionizing Agro-Industrial Engineering for Sustainable Agriculture*. 1(1):1-38. doi:10.25077/greentech.v1i1.1.
- Sari NN, Salim II, Achmad MM. 2018. Uji kinerja dan analisis biaya mesin pencacah pakan ternak (*chopper*). *Jurnal AgriTechno*. 11(2):113-120. doi:10.20956/at.v11i2.115.
- Sarwanto D, Wasito. 2023. Produktivitas rumput gajah kerdil pada berbagai sistem penanaman. *Jurnal Zooteh*. 43(1):80-86.
- Sadarman, Juliantoni J, Febrina D, Prastyo AB, Fazly M, Qomariyah N. 2024. Transformasi silase: profil terbaru rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) dan dedak padi dengan penggunaan sirup afkir. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 7(1):58-67. doi:10.21776/ub.jnt.2024.007.01.7.
- Savoie, P., Tremblay, D., Theriault, R., Wauthy, J.-M., & Vigneault, C. (1989). Forage chopping energy vs. length of cut. *Transactions of the ASAE*. 32(2):437-442. doi: 10.13031/2013.31022
- Setyaningsih D, Apriyanton A, Sari MP. 2010. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor (ID): IPB Press.
- Sianturi TL, Saparin, Rodiawan, Setiawan Y, Wijianti ES. 2025. Modifikasi mesin pencacah rumput gajah menghasilkan bahan baku kompos. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*. 3(1):145-149. doi:10.33504/jitt.v3i1.337.
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16:144-158.
- Sofyan A, Widyastuti Y, Utomo R, Yusiati LM. 2017. Improving physico-chemical characteristics and palatability of king grass (*Pennisetum hybrid*) silage by inoculation of *Lactobacillus plantarum saccharomyces cerevisiae* consortia and addition of rice bran. *Buletin Peternakan*. 41(1):61-71. doi:10.21059/buletinpeternakan.v41i1.12980.

- Tessalonika O, Hernaman I, Rusmana D. 2026. Pengaruh berbagai imbalanced EM4 dan molasses dalam pembuatan dedak padi fermentasi terhadap kualitasnya. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 14(1):173–185. doi:10.23960/jipt.v14i1.p173-185.
- Wati WS, Mashudi, Irsyammawati A. 2018. Kualitas silase rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) dengan penambahan *Lactobacillus plantarum* dan molasses pada waktu inkubasi yang berbeda. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 1(1):45–53.
- Wiguna IA, Patty CW, Fredriksz S. 2024. Kualitas fisik silase jerami padi dengan penambahan dosis EM4 yang berbeda sebagai pakan ternak ruminansia. *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*. 3(1):127–133. doi:10.30598/j.agrosilvopasture-tech.2024.3.1.127.
- Yuvita D, Mustabi J, Asriany A. 2021. Pengujian karakteristik dan kandungan lemak kasar silase pakan komplit yang berbahan dasar eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan lama fermentasi yang berbeda. *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*. 14(2):14–27. doi:10.20956/bnmt.v14i2.12550.