

## Effect of Fermentation of Palm Kernel Meal by a Bacterial and Yeast Consortium on Nutritional Quality

Fajri Maulana\* & Satri Yusasra Agasi

Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia

### Article History

Received : February 16<sup>th</sup>, 2026

Revised : March 23<sup>th</sup>, 2026

Accepted : April 15<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

**Fajri Maulana,**

Politeknik Negeri Tanah Laut,  
Tanah Laut, Indonesia;

Email:

[fajrimaulana@politala.ac.id](mailto:fajrimaulana@politala.ac.id)

**Abstract:** Palm kernel meal is a potential alternative feed ingredient due to its abundant availability; however, its utilization in poultry diets is limited by suboptimal nutritional quality. One strategy to improve its nutritional value is fermentation using microorganisms. This study aimed to evaluate the effect of palm kernel meal fermentation by a bacterial and yeast consortium on its nutritional quality. The experiment was conducted using a completely randomized design with four treatments and five replication: A (unfermented palm kernel meal), B (fermentation with *Bacillus subtilis*), C (fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*), and D (combined fermentation with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*). The observed parameters included moisture content, metabolizable energy, organic matter, and inorganic matter. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 95% confidence level. The results showed that fermentation using the bacterial and yeast consortium significantly affected ( $P < 0.05$ ) moisture content and metabolizable energy, but had no significant effect ( $P > 0.05$ ) on organic and inorganic matter. The combined treatment produced the best values, with a moisture content of 12.25%, a metabolizable energy of 3139.52 kcal/kg, an organic matter of 95.57%, and an inorganic matter of 4.43%. This study concludes that the fermentation of palm kernel meal using a consortium of *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* is the most effective treatment for improving nutritional quality, particularly by increasing metabolic energy without reducing the content of organic and inorganic compounds.

**Keywords:** palm kernel meal, fermentation, bacterial and yeast consortium, nutritional quality.

### Pendahuluan

Bungkil inti sawit (BIS) merupakan produk samping industri kelapa sawit yang ketersediaannya melimpah di Indonesia dan berpotensi sebagai bahan pakan alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku impor seperti bungkil kedelai (Agasi & Maulana, 2025). Secara nutrisi, BIS memiliki kandungan bahan kering sekitar 91,9%, protein kasar 13,6%, serta energi bruto berkisar 2.682–3.139 kkal/kg, dengan bahan organik mencapai ±94–96%. Meskipun demikian, pemanfaatannya dalam ransum unggas masih terbatas karena tingginya kandungan serat kasar dan keberadaan polisakarida non-pati (terutama mannan),

selulosa, serta lignin yang sulit dicerna oleh ternak monogastrik.

Keterbatasan tersebut berkaitan dengan tidak adanya enzim pencerna serat seperti selulase dan mananase secara endogen pada unggas, sehingga pencernaan nutrisi dan efisiensi pemanfaatan pakan menjadi rendah (Fan et al., 2024; Sureshkumar et al., 2023). Salah satu pendekatan yang efektif untuk mengatasi masalah ini adalah fermentasi, yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menguraikan senyawa kompleks menjadi lebih sederhana dan mudah dicerna. Selain itu, fermentasi juga dapat meningkatkan ketersediaan energi serta memperbaiki komposisi bahan organik dan anorganik bahan

pakan (Wizna et al., 2025).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa fermentasi BIS menggunakan mikroorganisme tunggal, baik bakteri maupun khamir, mampu meningkatkan pencernaan dan kandungan nutrisi. Namun demikian, pendekatan tersebut masih memiliki keterbatasan karena aktivitas enzimatis yang dihasilkan cenderung spesifik dan belum mampu mengoptimalkan degradasi berbagai fraksi serat kompleks secara simultan.

Penggunaan konsorsium mikroba, khususnya kombinasi bakteri dan khamir, menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui interaksi sinergis: bakteri menghasilkan enzim hidrolitik seperti selulase dan protease, sementara khamir meningkatkan kandungan protein melalui biomassa mikroba serta sintesis vitamin (Shahab et al., 2020; Wizna et al., 2026).

Namun, hingga saat ini, kajian yang secara sistematis mengevaluasi efektivitas konsorsium bakteri–khamir terhadap peningkatan kualitas nutrisi BIS, khususnya pada parameter energi metabolisme, bahan organik, dan bahan anorganik, masih sangat terbatas. Penelitian ini menghadirkan kebaruan berupa pendekatan fermentasi berbasis konsorsium mikroba yang tidak hanya berfokus pada peningkatan pencernaan, tetapi juga pada perubahan komprehensif profil nutrisi BIS.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh fermentasi bungkil inti sawit menggunakan konsorsium bakteri dan khamir terhadap kualitas nutrisi secara spesifik, yang meliputi kadar air, energi metabolisme, bahan organik, dan bahan anorganik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pengolahan BIS sebagai bahan pakan alternatif yang lebih bernilai guna dan berkelanjutan.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bungkil inti sawit (BIS) yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit (Sumatera Barat). Mikroorganisme yang digunakan adalah kultur komersial *Bacillus*

*subtilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari penyedia komersial di Indonesia.

Bahan pendukung yang digunakan meliputi aquades steril, media pertumbuhan mikroba, serta bahan kimia untuk analisis proksimat berdasarkan metode standar AOAC. Peralatan yang digunakan antara lain timbangan analitik, oven pengering, desikator, autoklaf, inkubator fermentasi, tanur dan seperangkat alat analisis proksimat.

### Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang dipilih karena kondisi lingkungan percobaan relatif homogen dan perlakuan diberikan secara acak penuh. Terdapat empat perlakuan dengan lima ulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan.

Perlakuan yang diuji adalah:  
A = BIS tanpa fermentasi (kontrol)  
B = BIS + *Bacillus subtilis* (5% v/w)  
C = BIS + *Saccharomyces cerevisiae* (5% v/w)  
D = BIS + konsorsium *Bacillus subtilis* (2,5%) + *Saccharomyces cerevisiae* (2,5%)

### Variabel Penelitian

#### Variabel dalam penelitian ini terdiri atas:

Variabel bebas: jenis perlakuan fermentasi (tanpa fermentasi, bakteri, khamir, dan konsorsium).

Variabel terikat: kualitas nutrisi BIS yang meliputi kadar air (%), energi metabolisme (kkal/kg), bahan organik (%), dan bahan anorganik (%).

### Persiapan Inokulum *Bacillus subtilis*

Kultur komersial *Bacillus subtilis* terlebih dahulu diremajakan menggunakan media cair Nutrient Broth (NB). Sebanyak 1 ose kultur diinokulasikan ke dalam 50–100 mL Nutrient Broth steril, kemudian diinkubasi pada suhu 30–37°C selama 18–24 jam menggunakan inkubator shaker dengan kecepatan  $\pm 120$  rpm hingga mencapai fase logaritmik pertumbuhan.

Selanjutnya dilakukan pengembangan pada media padat dedak padi. Dedak padi diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam, kemudian kadar airnya disesuaikan hingga  $\pm 40$ –50% dengan penambahan aquades steril. Media yang telah dilembabkan dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas atau wadah fermentasi, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu

121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi, media didinginkan hingga suhu ruang dalam kondisi aseptik.

Suspensi *Bacillus subtilis* hasil inkubasi dalam Nutrient Broth ditambahkan ke dalam dedak padi steril sebanyak  $\pm 5\%$  (v/w) dari berat substrat atau hingga mencapai kepadatan sekitar  $10^6$ – $10^8$  CFU/g substrat. Campuran dihomogenkan secara merata, kemudian diinkubasi pada suhu 30–37°C selama 48–72 jam dalam kondisi aerob. Selama inkubasi, substrat dibalik setiap 24 jam untuk menjaga aerasi dan pemerataan pertumbuhan mikroba.

Setelah proses inkubasi selesai, dedak padi yang telah ditumbuhi *Bacillus subtilis* dikeringkan pada suhu 40–50°C hingga kadar air mencapai  $>12\%$ . Produk hasil pengembangan kemudian digiling dan disimpan dalam wadah tertutup pada suhu ruang hingga digunakan sebagai inokulum fermentasi.

### Persiapan Inokulum *Saccharomyces cerevisiae*

Kultur komersial *Saccharomyces cerevisiae* terlebih dahulu diremajakan menggunakan media cair Nutrient Broth (NB). Sebanyak 1 ose kultur diinokulasikan ke dalam 50–100 mL Nutrient Broth steril, kemudian diinkubasi pada suhu 28–30°C selama 24 jam menggunakan inkubator shaker dengan kecepatan  $\pm 120$  rpm hingga mencapai fase logaritmik pertumbuhan.

Setelah inkubasi, suspensi khamir digunakan sebagai inokulum untuk pengembangan pada media padat dedak padi. Dedak padi terlebih dahulu diayak dan kadar airnya disesuaikan hingga  $\pm 40$ – $50\%$  dengan penambahan aquades steril. Media kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dan didinginkan hingga suhu ruang dalam kondisi aseptik.

Suspensi *Saccharomyces cerevisiae* hasil inkubasi dalam Nutrient Broth ditambahkan ke dalam dedak padi steril sebanyak 5% (v/w) dari berat substrat atau hingga mencapai kepadatan awal sekitar  $\pm 10^7$  CFU/g substrat. Campuran dihomogenkan secara merata dan diinkubasi pada suhu 28–30°C selama 48–72 jam dalam kondisi aerob. Selama proses inkubasi, substrat diaduk atau dibalik setiap 24 jam untuk menjaga aerasi dan pemerataan pertumbuhan.

Setelah proses fermentasi selesai, dedak padi yang telah ditumbuhi *Saccharomyces*

*cerevisiae* dikeringkan pada suhu 40–50°C hingga kadar air mencapai  $<12\%$ . Produk hasil pengembangan kemudian digiling dan disimpan dalam wadah tertutup pada suhu ruang hingga digunakan sebagai inokulum dalam fermentasi.

### Proses Fermentasi Bungkil Inti Sawit

Bungkil inti sawit (BIS) terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran, kemudian diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Kadar air awal bahan dianalisis sebelum proses fermentasi.

#### 1. Persiapan Substrat

BIS ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing perlakuan. Kadar air substrat disesuaikan hingga mencapai  $\pm 40$ – $50\%$  dengan penambahan aquades steril. Kelembapan ini dipilih karena sesuai untuk fermentasi substrat padat (*solid state fermentation*). Substrat yang telah dilembapkan kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas atau wadah fermentasi dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi, substrat didinginkan hingga suhu ruang dalam kondisi aseptik.

#### 2. Inokulasi Mikroorganisme

Fermentasi dilakukan sesuai perlakuan penelitian yaitu: A= BIS tanpa fermentasi (kontrol), B= BIS + inokulum bakteri (5% v/w), C= BIS + inokulum khamir (5% v/w), D= BIS + konsorsium bakteri dan khamir (masing 2,5% v/w). Campuran dihomogenkan hingga merata secara aseptik.

#### 3. Inkubasi

Substrat yang telah diinokulasi diinkubasi pada suhu 30°C selama 72 jam dalam kondisi aerob. Selama proses fermentasi, bahan dibalik atau diaduk setiap 24 jam untuk menjaga aerasi dan pemerataan pertumbuhan mikroorganisme.

#### 4. Penghentian Fermentasi

Setelah waktu inkubasi selesai, proses fermentasi dihentikan dengan cara mengeringkan substrat menggunakan oven pada suhu 50–60°C hingga kadar air  $>12\%$ . Produk fermentasi kemudian digiling dan disimpan dalam wadah tertutup hingga dilakukan analisis kualitas nutrisi.

### Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: kadar air (%), energi

metabolisme (kkal/kg), bahan organik (%) dan bahan anorganik (%). Analisis dilakukan menggunakan metode proksimat berdasarkan standar AOAC.

### Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) sesuai dengan Rancangan Acak Lengkap. Apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Analisis dilakukan pada taraf signifikansi  $P < 0,05$  menggunakan perangkat lunak statistik SPSS versi 25.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2025 di Laboratorium dan Kandang Percobaan Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Politeknik Negeri Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia.

### Hasil dan Pembahasan

#### Kadar Air

Kadar air merupakan indikator penting dalam menilai stabilitas dan kualitas bahan pakan hasil fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian, kadar air bungkil inti sawit (BIS) berkisar antara 10,76% hingga 12,45%. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan konsorsium (D), sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan kontrol (A). Perbedaan ini menunjukkan adanya pengaruh fermentasi terhadap perubahan sifat fisik bahan, khususnya kandungan air. Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap kadar air dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap kadar air.

Perlakuan	Kadar Air (%)
A	10,76±0,57 <sup>b</sup>
B	11,39±0,95 <sup>ab</sup>
C	11,30±0,50 <sup>ab</sup>
D	12,45±0,90 <sup>a</sup>
SE	0,43
P-value	*

**Keterangan:** Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ).

SE: standar eror; A : tidak difermentasi; B: *Bacillus subtilis*; C: *Saccharomyces cerevisiae*; D: *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*.

Kadar air bungkil inti sawit berkisar antara 10,76±0,57 - 12,45±0,90 %. Perlakuan A: 10,76±0,57%, Perlakuan B: 11,39±0,95%, Perlakuan C: 11,30±0,50% dan Perlakuan D: 12,45±0,90%. Analisa satatistik menunjukkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir memberikan pengaruh berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kadar air. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan A berbeda tidak nyata ( $P > 0,05$ ) B, C, namun berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap perlakuan D.

Peningkatan kadar air pada perlakuan D, disebabkan oleh aktivitas metabolik mikroorganisme selama fermentasi. Mikroba menghasilkan metabolit yang mengandung air dan mengubah struktur substrat, sehingga cenderung mempertahankan kelembapan lebih tinggi dibandingkan bahan tanpa fermentasi. Hal ini sejalan dengan temuan Zhu et al. (2023), yang fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium mikroba dapat meningkatkan nilai nutrisi sekaligus memodifikasi sifat fisik substrat, termasuk kadar air dan tekstur bahan selama fermentasi padat. Fermentasi memecah karbohidrat kompleks, protein, dan serat menjadi molekul lebih sederhana (gula sederhana, asam amino, peptida kecil) yang lebih mudah dicerna dan diserap (Katu et al., 2025).

Penggunaan konsorsium mikroba umumnya menghasilkan spektrum enzim yang lebih luas, sehingga degradasi polisakarida kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa lebih efektif dibandingkan mikroba tunggal. Konsorsium selulolitik dari beberapa strain bakteri secara signifikan meningkatkan aktivitas CMC<sub>ase</sub>, FPase, dan  $\beta$ -glukosidase dibanding strain tunggal, dimana aktivitas enzim meningkat hingga 3–4 kali dibanding strain terbaik individu (Long et al., 2024).

Fermentasi konsorsium meningkatkan kadar air BIS secara signifikan, yang mencerminkan aktivitas biologis yang lebih tinggi. Kadar air yang masih dalam batas aman menunjukkan bahwa produk tetap layak sebagai bahan pakan dengan stabilitas penyimpanan yang baik.

## Energi Metabolisme

Energi metabolisme merupakan parameter utama dalam menentukan nilai nutrisi bahan pakan, karena berkaitan langsung dengan kemampuan ternak dalam memanfaatkan energi dari pakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi metabolisme BIS mengalami peningkatan setelah fermentasi. Nilai energi metabolisme tertinggi diperoleh pada perlakuan konsorsium (D), sedangkan nilai terendah terdapat pada kontrol (A). Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi berperan dalam meningkatkan kualitas nutrisi bahan. Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap energi metabolisme dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap energi metabolisme.

Perlakuan	Energi metabolisme (kkal/kg)
A	2.682,84± 62,78 <sup>c</sup>
B	2.940,31±82,76 <sup>b</sup>
C	2.979,87±105,26 <sup>ab</sup>
D	3.139,52±82,85 <sup>a</sup>
SE	48,93
P-value	*

**Keterangan:** Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0.05$ ).

SE: standar error; A : tidak difermentasi; B: *Bacillus subtilis*; C: *Saccharomyces cerevisiae*; D: *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*.

Energi metabolisme bungkil inti sawit berkisar antara 2.682,84± 62,78 - 3.139,52±82,85 kkal/kg. Perlakuan A: 2.682,84± 62,78 kkal/kg, Perlakuan B: 2.940,31±82,76 kkal/kg, Perlakuan C: 2.979,87±105,26 kkal/kg dan Perlakuan D: 3.139,52±82,85 kkal/kg. Analisa satatistik menunjukan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir memberikan pengaruh berbeda nyata ( $P<0.05$ ) terhadap energi metabolisme. Hasil uji DMRT menunjukan bahwa perlakuan A berbeda nyata ( $P<0.05$ ) B, C dan D. Perlakuan B berbeda tidak nyata ( $P>0,05$ ) dengan perlakuan C, namun berbeda nyata ( $P<0.05$ ) terhadap perlakuan D.

Peningkatan energi metabolisme pada bahan yang difermentasi menunjukkan bahwa proses fermentasi mampu memperbaiki nilai pencernaan dan ketersediaan energi substrat. Bungkil inti sawit memiliki kandungan serat kasar dan polisakarida non-pati yang tinggi

sehingga membatasi pemanfaatan energinya pada unggas. Mikroba dalam proses fermentasi pakan mampu mendegradasi komponen serat kompleks seperti mannan, selulosa dan hemiselulosa melalui aktivitas enzimatik, sehingga fraksi nutrisi menjadi lebih mudah dicerna dan meningkatkan nilai energi metabolisme (Chen et al., 2024; Rusfidra et al., 2025).

Fermentasi padat dengan bakteri/jamur dan/atau enzim (mannanase, selulase, xilanase) menurunkan NDF, ADF, selulosa, hemiselulosa dan serat kasar 17–55% serta menaikkan gula pereduksi (oligosakarida) yang lebih mudah dicerna (Liu et al., 2025; Severin et al., 2024). Tidak adanya perbedaan nyata antara perlakuan B (bakteri tunggal) dan C (khamir tunggal) menunjukkan bahwa masing-masing mikroorganisme secara individu telah mampu meningkatkan nilai energi dibanding kontrol, namun efektivitasnya relatif setara. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzimatik masing-masing mikroba berjalan, tetapi belum memberikan efek maksimal terhadap degradasi substrat secara menyeluruh. Aktivitas mikroba memfermentasi serat makanan menjadi energi (Kang et al., 2022).

Perlakuan konsorsium (D) menghasilkan energi metabolisme tertinggi dan berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Hal ini mengindikasikan adanya interaksi sinergis antara bakteri dan khamir dalam proses fermentasi. Konsorsium mikroba umumnya menghasilkan kombinasi enzim yang lebih lengkap dan aktivitas biokonversi yang lebih intensif dibandingkan inokulum tunggal. Sinergisme ini memungkinkan degradasi serat berlangsung lebih efektif serta meningkatkan ketersediaan karbohidrat sederhana dan nutrisi lain yang berkontribusi terhadap peningkatan nilai energi metabolisme. Peningkatan energi metabolisme juga dapat dikaitkan dengan pertambahan biomassa mikroba selama fermentasi. Protein dan komponen sel mikroba yang tercerna menyumbang energi kimia langsung (melalui oksidasi asam amino, lipid) dan secara praktis meningkatkan gross dan digestible energy (Cerri et al., 2021).

Fermentasi mikroba diaplikasikan untuk meningkatkan nilai gizi bahan pakan melalui penurunan faktor anti-nutrisi dan peningkatan bioavailabilitas nutrisi (Garrido-Galand et al., 2021). Peningkatan energi metabolisme dari 2.682,84 kkal/kg pada kontrol menjadi 3.139,52

kkal/kg pada perlakuan konsorsium, hal ini memperlihatkan bahwa fermentasi konsorsium mampu memperbaiki kualitas nutrisi bungkil inti sawit secara signifikan dan berpotensi meningkatkan penggunaannya dalam ransum unggas. Fermentasi konsorsium secara signifikan meningkatkan energi metabolisme BIS. Peningkatan energi ini menunjukkan potensi besar BIS sebagai bahan pakan alternatif yang lebih efisien untuk unggas.

### Bahan Organik

Bahan organik menggambarkan total kandungan nutrisi seperti protein, lemak, dan karbohidrat dalam bahan pakan. Berdasarkan hasil penelitian, kadar bahan organik BIS relatif stabil pada semua perlakuan. Nilai tertinggi terdapat pada kontrol, sedangkan nilai terendah pada perlakuan bakteri tunggal. Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap bahan organik dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap bahan organik dan bahan anorganik.

Perlakuan	Bahan organik (%)
A	95,84±1,18
B	94,70±1,25
C	94,90±1,02
D	95,57±0,93
SE	0,64
P-value	NS

**Keterangan:** tidak berbeda nyata ( $P>0.05$ ).

SE: standar error; NS: non significant; A: tidak difermentasi; B: *Bacillus subtilis*; C: *Saccharomyces cerevisiae*; D: *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*.

Bahan organik bungkil inti sawit berkisar antara 94,70±1,25 - 95,84±1,18 %. Perlakuan A: 95,84±1,18%, Perlakuan B: 94,70±1,25%, Perlakuan C: 94,90±1,02% dan Perlakuan D: 95,57±0,93%. Analisa statistik menunjukkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ( $P>0.05$ ) terhadap bahan organik.

Tidak adanya perbedaan nyata ini menunjukkan bahwa proses fermentasi, baik menggunakan mikroba tunggal maupun konsorsium, tidak menyebabkan perubahan signifikan terhadap total fraksi bahan organik.

Bahan organik merupakan komponen bahan kering selain abu (bahan anorganik), yang mencakup protein, lemak, serat kasar, dan karbohidrat. Selama proses fermentasi bahan anorganik tidak banyak berubah (Badewi & Hadisutanto, 2020). Pakan fermentasi dapat meningkatkan pemanfaatan energi pada unggas karena adanya peningkatan pencernaan nutrisi dan penurunan komponen anti-nutrisi (Ibrahim et al., 2021; Sugiharto & Ranjitkar, 2018).

Penurunan pada perlakuan B dan C kemungkinan disebabkan oleh pemanfaatan sebagian substrat organik oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan metabolisme. Selama proses fermentasi sebagian bahan organik dapat terdegradasi menjadi gas seperti CO<sub>2</sub> atau senyawa volatil lainnya, namun dalam jumlah relatif kecil sehingga tidak menimbulkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Fermentasi tidak menurunkan bahan organik secara signifikan. Kualitas nutrisi tetap terjaga dengan potensi peningkatan pencernaan bahan pakan. Fermentasi memecah dinding sel dan matriks serat sehingga protein, pati, mineral, dan fitokimia yang semula terperangkap menjadi lebih mudah diakses enzim pencernaan (Adebo et al., 2022).

### Bahan Anorganik

Bahan anorganik mencerminkan kandungan mineral total dalam bahan pakan. Berdasarkan hasil penelitian, kadar bahan anorganik tidak menunjukkan perubahan yang signifikan akibat fermentasi. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan bakteri, sedangkan nilai terendah pada kontrol. Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap bahan anorganik dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Pengaruh fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir terhadap bahan organik dan bahan anorganik.

Perlakuan	Bahan anorganik (%)
A	4,16±1,18
B	5,30±1,25
C	5,10±1,02
D	4,43±0,93
SE	0,64
P-value	NS

**Keterangan:** tidak berbeda nyata ( $P>0.05$ ).

SE: standar error; NS: non significant; A : tidak difermentasi; B: *Bacillus subtilis*; C: *Saccharomyces*

*cerevisiae*; D: *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*.

Bahan anorganik bungkil inti sawit berkisar antara  $4,16 \pm 1,18$  -  $5,30 \pm 1,25\%$ . Perlakuan A:  $4,16 \pm 1,18\%$ , Perlakuan B:  $5,30 \pm 1,25\%$ , Perlakuan C:  $5,10 \pm 1,02\%$  dan Perlakuan D:  $4,43 \pm 0,93\%$ . Analisa satatistik menunjukkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan konsorsium bakteri dan khamir memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) terhadap bahan anorganik.

Bahan anorganik mencerminkan kandungan mineral total yang relatif stabil selama proses fermentasi. Mikroorganisme dalam fermentasi substrat padat umumnya memanfaatkan komponen organik (karbohidrat dan protein) sebagai sumber energi, sementara fraksi mineral tidak mengalami degradasi biologis. Fermentasi lebih banyak memengaruhi fraksi serat dan protein dibandingkan kandungan abu, sehingga perubahan kadar bahan anorganik biasanya tidak signifikan secara statistik (Pasaribu et al., 2019).

Studi demineralisasi biomassa menunjukkan bahwa mengurangi mineral secara kimia menurunkan kadar abu, sebaliknya bahan organik yang berkurang, kadar abu persentase akan naik walaupun jumlah mineral tidak bertambah (Kukuruzović et al., 2023). Tidak adanya perbedaan nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap bahan anorganik pada penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi konsorsium bakteri dan khamir tetap menjaga stabilitas.

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit menggunakan konsorsium *Bacillus subtilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* merupakan perlakuan paling efektif dalam meningkatkan kualitas nutrisi, terutama melalui peningkatan energi metabolisme tanpa menurunkan bahan organik dan anorganik. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan konsorsium mikroba mampu meningkatkan nilai fungsional BIS sebagai bahan pakan alternatif. Penelitian lanjutan secara in vivo diperlukan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa ternak.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih banyak penulis ucapkan kepada Politeknik Negeri Tanah Laut dan Program Studi Teknologi Pakan Ternak atas fasilitas alat laboratorium sehingga penelitian ini sukses.

## Referensi

- Adebo, J., Njobeh, P., Gbashi, S., Oyedeji, A., Ogundele, O., Oyeyinka, S., & Adebo, O. (2022). Fermentation of Cereals and Legumes: Impact on Nutritional Constituents and Nutrient Bioavailability. *Fermentation*, 8(2), 63. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020063>
- Agasi, S., & Maulana, F. (2025). Effect of fermented local feed on egg quality of laying quail. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(3), 2652–2657. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9230>
- Badewi, B., & Hadisutanto, B. (2020). Kualitas bahan kering dan bahan organik pakan komplit fermentasi berbasis daun gamal secara in vitro. *The Partner*, 25, 1435–1444. <https://doi.org/10.35726/jp.v25i2.486>
- Cerri, R., Niccolai, A., Cardinaletti, G., Tulli, F., Mina, F., Daniso, E., Bongiorno, T., Zittelli, G. C., Biondi, N., Tredici, M. R., & Tibaldi, E. (2021). Chemical composition and apparent digestibility of microalgae biomasses in rainbow trout. *Aquaculture*, 544, 737075. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737075>
- Chen, J., Cai, Y., Wang, Z., Wang, S., Li, J., Song, C., Wei, Z., Liu, D., Wang, S., Song, A., Xu, J., & Ying, H. (2024). Construction of a Synthetic Microbial Community for Enzymatic Pretreatment of Wheat Straw for Biogas Production via Anaerobic Digestion. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c02789>
- Fan, M., Cheng, L., Wang, M., Chen, J., Fan, W., Jashari, F., & Wang, W. (2024). Multifunctional endocellulases and implications for swine nutrition. *Animal Microbiome*, 6.

- <https://doi.org/10.1186/s42523-024-00292-w>
- Garrido-Galand, S., Asensio-Grau, A., Calvo-Lerma, J., Heredia, A., & Andrés, A. (2021). The potential of fermentation on nutritional improvement of flours. *Food Research International*, 145, 110398. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110398>
- Ibrahim, D., Moustafa, A., Shahin, S., Sherief, W., Abdallah, K., Farag, M., Nassan, M., & Ibrahim, S. (2021). Impact of Fermented or Enzymatically Fermented Dried Olive Pomace on Growth, Expression of Digestive Enzyme and Glucose Transporter Genes, Oxidative Stability of Frozen Meat, and Economic Efficiency of Broiler Chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.644325>
- Kang, J., Yin, S., Liu, J., Li, C., Wang, N., Sun, J., Li, W., He, J., Guo, Q., & Cui, S. (2022). Fermentation models of dietary fibre in vitro and in vivo - A review. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107685>
- Katu, J., Tóth, T., & Varga, L. (2025). Enhancing the Nutritional Quality of Low-Grade Poultry Feed Ingredients Through Fermentation: A Review. *Agriculture*, 15(5), 476. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050476>
- Kukuruzović, J., Matin, A., Kontek, M., Krička, T., Matin, B., Brandić, I., & Antonović, A. (2023). The Effects of Demineralization on Reducing Ash Content in Corn and Soy Biomass with the Goal of Increasing Biofuel Quality. *Energies*, 16(2), 967. <https://doi.org/10.3390/en16020967>
- Liu, Y., Liu, Y., Cao, Y., & Wang, C. (2025). Pretreatment of Palm Kernel Cake by Enzyme-Bacteria and Its Effects on Growth Performance in Broilers. *Animals*, 15(2), 116. <https://doi.org/10.3390/ani15020116>
- Long, J., Wang, X., Qiu, S., Zhou, W., Zhou, S., Shen, K., Xie, L., & Zhang, X. (2024). Construction of cellulose-degrading microbial consortium. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1356903>
- Pasaribu, T., Laconi, E. B., & Kompang, I. P. (2019). Nutrient evaluation of fermented palm kernel cake. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(3), 295–302. <https://doi.org/10.14710/jitaa.44.3.295-302>
- Rusfidra, R., Maulana, F., Prima, H. S., Susalam, M. K., Agasi, S. Y., & Fajri, F. (2025). Utilization of fermented food waste as poultry feed. *Journal of Animal Health and Production*, 13(2), 418–425. <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2025/13.2.418.425>
- Severin, T., Bertine, N., Ruben, N., Gilchrist, C., Wilfried, E., Evariste, T., Romario, T., & Raphaël, K. (2024). Effects of feeding fermented palm kernel cake in acidic and basic solutions on the performance of broiler chickens. *Online Journal of Animal and Feed Research*. <https://doi.org/10.51227/ojaf.2024.10>
- Shahab, R., Brethauer, S., Davey, M., Smith, A., Vignolini, S., Luterbacher, J., & Studer, M. (2020). Microbial consortium producing fatty acids from lignocellulose. *Science*, 369. <https://doi.org/10.1126/science.abb1214>
- Sugiharto, S., & Ranjitkar, S. (2018). Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: A review. *Animal Nutrition*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.11.001>
- Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous enzymes in monogastric feed. *Agriculture*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture13122195>
- Wizna, Heryandi, Y., Rusfidra, Andika, R., Wulandari, M., & Safitri, R. (2025). Optimizing Fermentation Conditions of Water Lettuce Leaves (*Pistia Stratiotes*) with *Bacillus amyloliquefaciens* for Enhanced Nutritional Quality as Poultry Feed. *Advances in Animal and Veterinary Sciences Optimizing*, 13(4), 876–882.
- Wizna, W., Andika, R., Amizar, R., Rusfidra, R.,

- Maulana, F., Agasi, S. Y., Suryani, R. F., Zurmiati, Z., & Hidayah, M. N. (2026). Effects of fermented food waste on broiler performance. *Journal of Animal Health and Production*, 14(1), 99–106. <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2026/14.1.99.106>
- Zhu, X., Tao, L., Liu, H., & Yang, G. (2023). Effects of fermented feed on growth performance, immune organ indices, serum biochemical parameters, cecal odorous compound production, and the microbiota community in broilers. *Poultry Science*, 102(6), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102629>