

JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI INDUSTRI PETERNAKAN

**PENGARUH FERMENTASI LIMBAH BUAH DURIAN MENGGUNAKAN
Trichoderma sp. TERHADAP KUALITAS NUTRISI**

Dewi Fitriyani¹, Rahmad Fani Ramadhan^{1*}, Deny Saefulhadjar¹

Program Studi Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran
Jl. Jalan Raya Bandung-Sumedang KM 21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, 45363

Article history:

Received: 08-07-2025

Revised: 16-12-2025

Accepted: 05-02-2026

Corresponding author:

Rahmad Fani Ramadhan

Program Studi Peternakan Fakultas

Peternakan Universitas Padjadjaran

Email: fani.rahmad@gmail.com

ABSTRAK: Industri pakan ternak menghadapi tantangan dalam penyediaan bahan pakan sumber protein karena masih bergantung pada impor dan fluktuasi harga. Limbah buah durian memiliki potensi sebagai bahan pakan alternatif melalui fermentasi. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dosis *Trichoderma sp.* terhadap kualitas nutrisi limbah buah durian yang difermentasi, dengan parameter protein kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan lima ulangan. Data dianalisis menggunakan Sidik Ragam (ANOVA) dan uji lanjut menggunakan Duncan. Substrat yang digunakan berupa campuran limbah buah durian dan ampas tahu (80:20), difermentasi selama 10 hari dengan variasi dosis inokulum *Trichoderma sp.* sebesar 0% (P0), 0,5% (P1), 1% (P2), 2% (P3), dan 4% (P4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh signifikan ($P<0,05$) terhadap semua parameter. Fermentasi limbah buah durian menggunakan *Trichoderma sp.* memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan protein kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu. Perlakuan dengan dosis 0,5% menunjukkan hasil terbaik dengan protein kasar 10,68%, lemak kasar 10,38%, kadar air 65,28%, dan kadar abu 5,69%.

Kata kunci: Fermentasi, limbah buah durian, *Trichoderma sp.*, protein kasar, kualitas nutrisi

ABSTRACT: The animal feed industry faces challenges in providing protein-source feed ingredients due to continued reliance on imports and price fluctuations. Durian fruit waste holds potential as an alternative feed ingredient through fermentation. This study aimed to examine the effect of *Trichoderma sp.* dosage on the nutritional quality of fermented durian fruit waste, focusing on parameters of crude protein, crude fat, moisture content, and ash content. The research employed a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and five replicates. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple range test. The substrate used was a mixture of durian fruit waste and tofu dregs (80:20), fermented for 10 days with varying *Trichoderma sp.* inoculum dosages of 0% (P0), 0.5% (P1), 1% (P2), 2% (P3), and 4% (P4). The results indicated that the treatments had a significant effect ($P<0,05$) on all parameters. Fermentation of durian fruit waste using *Trichoderma sp.* significantly influenced crude protein, crude fat, moisture content, and ash content. The 0.5% dosage treatment showed the best results, yielding 10.68% crude protein, 10.38% crude fat, 65.28% moisture content, and 5.69% ash content.

Keywords: Fermentation, durian waste, *Trichoderma sp.*, crude protein, nutritional quality

PENDAHULUAN

Sektor peternakan di Indonesia memegang peranan penting dalam penyediaan protein hewani, namun tingginya biaya pakan yang mencapai 60–70% total biaya operasional, menjadi tantangan utama (Sitompul *et al.*, 2016). Ketergantungan pada bahan pakan konvensional yang harganya fluktuatif dan bergantung pada impor mendorong pencarian alternatif pakan yang ekonomis, bergizi, dan lokal. Pemanfaatan

limbah pertanian dan agroindustri, seperti limbah buah durian, menjadi strategi penting untuk menekan biaya pakan dan menerapkan ekonomi sirkular (Armayanti *et al.*, 2024).

Indonesia, sebagai salah satu produsen durian terbesar di dunia, menghasilkan volume limbah durian yang substansial. Dari total produksi 1,85 juta ton pada tahun 2023 (BPS, 2024), sekitar 80% atau 1.481.636 ton merupakan limbah kulit (60-75%) dan biji (5-

15%) (Purnama *et al.*, 2022). Limbah durian memiliki potensi besar sebagai bahan baku pakan ternak karena ketersediaannya yang melimpah saat musim panen. Namun, pemanfaatan limbah durian secara langsung terkendala oleh kualitas nutrisinya yang rendah, terutama proteinnya. Kulit durian hanya memiliki 4,25% protein kasar, dengan 29,50% serat kasar, dan energi metabolisme 2.050 kkal/kg (Husada *et al.*, 2021; Laoli *et al.*, 2019), serta mengandung flavonoid, saponin, selulosa, lignin, dan pati (Arlofa *et al.*, 2019). Sementara itu, biji durian kaya akan karbohidrat (galaktosa 48,6-59,9%, glukosa 37,1-45,1%), asam amino esensial (asam glutamat, leusin, treonin, dan alanin), serta mengandung 9,79% protein kasar, 2,41% serat kasar, dan energi metabolisme 2.750 kkal/kg (Laoli *et al.*, 2019; Ragasa *et al.*, 2016). Campuran limbah durian (50% biji dan 50% kulit) mengandung 7,50% protein kasar, 21,95% serat kasar, dan 2.250 kkal/kg energi metabolik (Arlofa *et al.*, 2019; Laoli *et al.*, 2019).

Teknologi fermentasi menggunakan mikroorganisme dapat menjadi solusi bioteknologi yang efektif untuk meningkatkan nutrisinya. Fermentasi merupakan proses biokimiawi untuk mengubah bahan organik kompleks menjadi produk yang lebih sederhana dan meningkatkan ketersediaan nutrisinya (Nout, 2014). *Trichoderma sp.* dipilih sebagai agen biokonversi karena kemampuannya mendegradasi struktur lignoselulosa melalui sekresi enzim selulolitik (Chukwuma *et al.*, 2020). Fermentasi dengan *Trichoderma sp.* bertujuan memecah serat kasar dan meningkatkan protein kasar substrat melalui sintesis protein sel tunggal oleh biomassa kapang (Suryadi, 2003). *Trichoderma sp.* menghasilkan berbagai enzim hidrolitik seperti *selulase*, *xilanase*, *protease*, dan *kitinase*, yang rasio dan persentasenya ditentukan oleh spesies, galur, dan kondisi pertumbuhan spesifiknya (Ahmed *et al.*, 2017; Dendang, 2015). Pertumbuhan optimal *Trichoderma sp.* memerlukan substrat dengan rasio Karbon-Nitrogen (C/N) yang seimbang (25-30:1) (Purnamasari *et al.*, 2024). Mengingat limbah durian kaya karbon tetapi rendah nitrogen, penambahan ampas tahu, yang kaya protein (27,55% protein kasar) (Nurhayati *et al.*, 2020), menjadi penting sebagai sumber nitrogen

tambahan untuk menyeimbangkan substrat, mempercepat pertumbuhan awal, dan mengoptimalkan aktivitas enzimatis *Trichoderma sp.* (Ginting *et al.*, 2024; Pardosi, 2022).

Hasil fermentasi dievaluasi melalui parameter nutrisi utama, yaitu protein kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu. Protein kasar menjadi fokus karena berkaitan langsung dengan pertumbuhan ternak. Lemak kasar menunjukkan nilai energi, kadar air memengaruhi daya simpan, dan kadar abu mencerminkan kandungan mineral. Keempat parameter ini digunakan sebagai indikator kualitas pakan ternak (Polii *et al.*, 2020; Rehman & Bahadur, 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan fermentasi dapat meningkatkan nilai nutrisi limbah pertanian. Fermentasi kulit kopi dengan *Trichoderma sp.* meningkatkan protein dari 11,29% menjadi 13,67% (Ratih *et al.*, 2018). Penambahan *Trichoderma sp.* pada jerami kacang tanah juga meningkatkan protein kasar dari 8,90% menjadi 9,17% (Sunardi *et al.*, 2023). Namun, riset spesifik mengenai fermentasi limbah durian dengan *Trichoderma sp.*, terutama dosis inokulum optimal, masih terbatas, padahal dosis inokulum sangat memengaruhi efektivitas proses fermentasi (Kumajas *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fermentasi limbah buah durian menggunakan *Trichoderma sp.* terhadap kandungan protein kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu, serta mengetahui perlakuan dosis *Trichoderma sp.* yang memberikan hasil terbaik pada parameter-parameter tersebut.

BAHAN DAN METODE

Materi Penelitian

Penelitian ini menggunakan limbah buah durian segar yang diperoleh dari Kota Bandung yang terdiri atas campuran kulit dan biji (rasio 1:1). Limbah disiapkan dengan cara dibersihkan durinya lalu dicacah (ukuran 0,5–1 cm). Sebagai bahan penyeimbang rasio C/N dan sumber nitrogen, digunakan ampas tahu segar yang telah diperas hingga mencapai kadar air $\pm 60\%$. Komposisi substrat fermentasi terdiri dari 80% limbah buah durian dan 20% ampas tahu. Secara spesifik, setiap 1 kg substrat terdiri atas 400 g kulit durian, 400 g biji durian, dan 200 g ampas

tahu. Mikroorganisme kunci yang digunakan adalah kapang *Trichoderma sp.* F0 yang dikembangkan menjadi F1 pada media jagung padat. Bahan kimia untuk analisis nutrisi meliputi CuSO₄, K₂SO₄, H₃BO₃, NaOH, H₂SO₄, HCl, serbuk Zn, indikator metil merah, dan akuades untuk analisis protein kasar (metode *Kjeldahl*), serta heksana dan selongsong kertas saring untuk analisis lemak kasar.

Peralatan untuk penelitian ini mencakup keranjang plastik (ukuran 29×23×8 cm), plastik tahan panas (ukuran 40×60 cm), timbangan, autoklaf, osse dan bunsen, spatula, magnetic stirrer, pisau, kain peras saringan, oven, blender, dan pin mill untuk pembuatan inokulum dan tahap fermentasi. Analisis nutrisi menggunakan timbangan analitik, labu Kjeldahl, kompor listrik, lemari asam, pipet, labu didih, labu Erlenmeyer, corong, set alat destilasi dan titrasi (untuk protein kasar), serta seperangkat alat proksimat, kompor listrik, gelas ukur, cawan aluminium dan porselen, oven, tanur, dan desikator (untuk lemak kasar, kadar air, dan abu).

Rancangan dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental dari Oktober 2024 hingga Januari 2025 di Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas dan Non Ruminansia serta Kandang Percobaan Ciparanje, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, menghasilkan total 25 unit percobaan. Perlakuan yang diterapkan berupa pemberian inokulum *Trichoderma sp.* pada fermentasi campuran limbah buah durian (LBD) dan ampas tahu dengan dosis berbeda: P0 (tanpa inokulum dan fermentasi), P1 (0,5% *Trichoderma sp.* difermentasi 10 hari), P2 (1% *Trichoderma sp.* difermentasi 10 hari), P3 (2% *Trichoderma sp.* difermentasi 10 hari), dan P4 (4% *Trichoderma sp.* difermentasi 10 hari). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%, dan jika ditemukan perbedaan signifikan ($P < 0,05$), dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda *Duncan*.

Penelitian ini terdiri dari dua tahap utama yaitu pembuatan inokulum dan fermentasi. Pembuatan inokulum *Trichoderma sp.* melibatkan sterilisasi 1 kg jagung pipil dengan

autoklaf (121°C, 15 menit), inokulasi dengan *Trichoderma sp.*, inkubasi 10 hari pada suhu ruang, pengeringan dalam oven (40–50°C) selama 24-48 jam, dan penghalusan dengan blender. Proses fermentasi dimulai dengan persiapan limbah buah durian (LBD), yaitu membersihkan, mengikis durinya, dan mencacah kulit (± 3 cm) serta memotong biji (0,2-0,5 cm). Substrat dibuat 1 kg dari 80% LBD segar (1:1 kulit:biji) dan 20% ampas tahu segar yang sudah diperas. Substrat kemudian disterilisasi dengan autoklaf (121°C, 15 menit) atau dikukus (100°C, 30 menit), didinginkan, diinokulasi dengan *Trichoderma sp.* sesuai dosis perlakuan, diratakan di keranjang plastik setebal ± 3 cm, dan diinkubasi 10 hari pada suhu ruang dalam kondisi anaerob. Setelah fermentasi, sampel dianalisis kadar air dan abu, serta sebagian dikeringkan (50–65°C) lalu digiling untuk analisis protein kasar dan lemak kasar.

Peubah yang Diamati

1. Protein Kasar

Kandungan protein kasar dianalisis menggunakan metode Kjeldahl. Prosedurnya meliputi destruksi 1 gram sampel bersama 7 gram K₂SO₄, 3 gram CuSO₄, 15 ml H₂SO₄, dan batu didih menggunakan labu Kjeldahl di dalam lemari asam hingga berwarna hijau toska. Setelah dingin, 25 mL akuades ditambahkan, dan larutan dipindahkan ke labu didih, diikuti penambahan 50 mL NaOH 40% dan batu didih. Destilat ditangkap dalam erlenmeyer yang berisi 30 ml H₃BO₃ 4% dan 2 tetes indikator metil merah, setelah destilasi siap, kemudian dititrasi dengan larutan standar HCl 0,1 N hingga berubah menjadi merah muda pudar. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk menghitung %N blanko. Rumus perhitungan protein kasar (metode Kjeldahl) sebagai berikut:

$$\%N = \frac{\text{ml HCL (sampel-blanko)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times N \text{ HCL} \times 14,008 \times 100\%$$

$$\% \text{ Protein Kasar} = \%N \times \text{Faktor Konversi Protein}$$

Keterangan: Faktor konversi N untuk bahan pakan dari limbah buah durian adalah 6,25.

2. Lemak Kasar

Kandungan Lemak Kasar dianalisis menggunakan metode Soxhlet. Selongsong kertas saring disiapkan, dikeringkan dalam oven (105°C, 1 jam), didinginkan dalam desikator (15 menit), dan ditimbang (A). Sebanyak 1-3 gram sampel dimasukkan ke dalam selongsong,

ditimbang (B), ditutup, dan ditimbang kembali (C). Sampel diekstraksi dalam alat Soxhlet dengan 250 ml heksana selama 4-6 jam. Setelah ekstraksi, sampel dikeluarkan, diangin-anginkan (1 jam), dikeringkan dalam oven (105°C, 1 jam), didinginkan dalam desikator (15 menit), dan ditimbang kembali (D). Rumus perhitungan lemak kasar (metode Soxhlet) sebagai berikut:

$$\% \text{LK} = \frac{(C-D)}{(B-A)} \times 100$$

Keterangan: A = Berat selongsong kosong; B = Berat selongsong + sampel awal; C = Berat selongsong + sampel sebelum ekstraksi; D = Berat selongsong + sampel setelah ekstraksi lemak.

3. Kadar Air

Kadar Air diukur dengan metode pengeringan oven. Cawan aluminium dikeringkan dalam oven (105°C, 1 jam), didinginkan dalam desikator (15 menit), dan ditimbang (A). Sebanyak 2-5 gram sampel ditimbang (B) dan dimasukkan ke dalam cawan. Cawan dengan sampel kemudian dikeringkan dalam oven (105°C, 6 jam). Sampel didinginkan dalam desikator (15 menit), lalu ditimbang dan dicatat kembali (C). Rumus perhitungan kadar air metode standar gravimetri (AOAC, 2005) sebagai berikut:

$$\% \text{Kadar Air} = \frac{B-(C-A)}{B} \times 100$$

Keterangan: A = Berat cawan; B = Berat sampel sebelum di oven; C = Berat sampel bebas air + cawan

4. Kadar Abu

Kadar Abu ditentukan dengan membakar sampel dalam tanur. Prosedur dimulai dengan mengeringkan cawan porselen dalam oven (105°C, 1 jam), mendinginkannya dalam desikator (15 menit), dan menimbang (A). Sebanyak 2-5 gram sampel ditimbang (B), dimasukkan ke dalam cawan. Cawan beserta sampel kemudian dimasukkan ke dalam tanur. Suhu tanur diatur pada 300°C selama 30 menit, lalu dinaikkan menjadi 600°C selama 4 jam. Setelah itu, suhu diturunkan menjadi 105°C. Cawan dan abu dikeluarkan, didinginkan dalam desikator (15 menit), dan ditimbang kembali (C). Rumus perhitungan kadar abu (AOAC, 2005) sebagai berikut:

$$\% \text{Kadar Abu} = \frac{C-A}{B} \times 100$$

Keterangan: A = Berat cawan porselen; B = Berat sampel sebelum di tanur; C = Berat cawan porselen + abu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Protein Kasar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi dengan *Trichoderma sp.* secara signifikan ($P < 0,05$) meningkatkan kandungan protein kasar limbah buah durian dan ampas tahu dibandingkan kontrol (P0). Rata-rata protein kasar tertinggi (10,68%) dicapai pada dosis 0,5% *Trichoderma sp.* (P1), meskipun tidak ada perbedaan signifikan antar dosis fermentasi (P1-P4) (Tabel 1). Tidak adanya perbedaan signifikan antara dosis inokulum 0,5% hingga 4% menunjukkan bahwa pada hari ke-10, semua perlakuan telah mencapai fase stasioner. Hal ini sejalan dengan Andari (2019) yang menyatakan bahwa puncak pertumbuhan dan produksi enzim *Trichoderma sp.* berada dalam rentang inkubasi hari ke-7 hingga ke-12. Pada fase ini, pertumbuhan biomassa jamur tidak lagi ditentukan oleh jumlah spora awal (inokulum), melainkan dibatasi oleh ketersediaan nutrisi dalam substrat (faktor pembatas). Dosis inokulum 0,5% terbukti sudah cukup untuk mengkolonisasi seluruh substrat secara efektif dalam waktu 10 hari, sehingga penambahan dosis yang lebih tinggi (4%) tidak memberikan peningkatan biomassa protein yang nyata. Fenomena ini disebut sebagai plateau effect atau efek jenuh, sebagaimana dijelaskan oleh Maurya *et al.* (2012) bahwa setelah konsentrasi inokulum mencapai titik optimal, penambahan lebih lanjut tidak akan meningkatkan hasil fermentasi secara signifikan.

Peningkatan protein kasar ini merupakan hasil sinergis dari komposisi substrat dan aktivitas mikroorganisme. Substrat 80% limbah durian (kaya karbon, rendah nitrogen) dan 20% ampas tahu (kaya protein) menyeimbangkan rasio C:N, krusial untuk pertumbuhan optimal *Trichoderma sp.* (Kurmanbayeva *et al.*, 2023; Ginting *et al.*, 2024; Pardosi, 2022). *Trichoderma sp.* dikenal mampu menghasilkan berbagai enzim hidrolitik ekstraseluler, seperti selulase, xilanase, protease, dan kitinase, dengan persentase masing-masing enzim ini bervariasi tergantung pada spesies *Trichoderma*,

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Limbah Buah Durian Fermentasi

Kandungan Nutrisi	Perlakuan				
	P0	P1	P2	P3	P4
	%				
Protein Kasar	8,64±0,5 ^a	10,68±0,43 ^b	10,55±1,48 ^b	10,22±0,86 ^b	10,41±1,05 ^b
Lemak Kasar	11,21±1,88 ^c	10,38±1,02 ^{bc}	8,88±2,00 ^{ab}	8,15±1,37 ^a	8,55±1,18 ^{ab}
Kadar Air	60,34±0,5 ^a	65,28±0,43 ^b	64,46±1,48 ^{ab}	66,53±0,86 ^b	63,84±1,05 ^{ab}
Abu	3,61±0,97 ^a	5,69±1,42 ^b	5,92±1,08 ^b	6,26±1,22 ^b	4,84±0,84 ^{ab}

Keterangan: Huruf superscript berbeda artinya berbeda nyata ($P < 0,05$); SD: Standar Deviasi; P0: Limbah buah durian (LBD) tanpa dosis inokulum *Trichoderma sp.* dan tanpa fermentasi; P1: LBD dosis inokulum *Trichoderma sp.* 0,5% difermentasi 10 hari; P2: LBD dosis inokulum *Trichoderma sp.* 1% difermentasi 10 hari; P3: LBD dosis inokulum *Trichoderma sp.* 2% difermentasi 10 hari; P4: LBD dosis inokulum *Trichoderma sp.* 4% difermentasi 10 hari

kondisi lingkungan, dan substrat yang tersedia (Ahmed *et al.*, 2017; Dendang, 2015). Substrat kaya lignoselulosa seperti LBD berfungsi sebagai sinyal pemicu (induser) bagi *Trichoderma sp.* untuk mensintesis dan mensekresikan serangkaian enzim lignoselulolitik ekstraseluler, terutama selulase dan hemiselulase (Chukwuma *et al.*, 2020). Enzim-enzim ini bekerja secara sinergis untuk membongkar struktur polimer yang kompleks pada LBD. Proses degradasi selulosa, komponen utama LBD, melibatkan tiga jenis enzim utama yaitu endoglukanase, eksoglukanase, dan β -glukosidase yang memecah selulosa menjadi glukosa (Feng *et al.*, 2011). Protein dari ampas tahu juga menginduksi protease, memecah protein menjadi peptida dan asam amino. Molekul-molekul sederhana ini kemudian digunakan oleh jamur untuk membentuk biomassa baru (miselium dan spora), dikenal sebagai protein sel tunggal (PST) atau single-cell protein (SCP) (Abdullahi *et al.*, 2021; Suryadi, 2003). Karena sel jamur itu sendiri sangat kaya akan protein (dapat mencapai 40-60% dari massa keringnya), maka setiap peningkatan massa miselium jamur secara langsung berarti peningkatan jumlah absolut protein dalam campuran substrat (Ahmed *et al.*, 2017).

Selain itu, fermentasi menyebabkan penurunan massa bahan kering (dry matter loss) akibat respirasi aerobik *Trichoderma sp.* yang mengubah karbon menjadi CO₂ (Adebo *et al.*, 2022). Penurunan massa total substrat ini, meskipun penambahan protein dari jamur tidak terlalu besar, secara signifikan meningkatkan

persentase protein kasar karena efek konsentrasi (Badewi & Hadisutanto, 2020).

Lemak Kasar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi dengan *Trichoderma sp.* secara signifikan ($P < 0,05$) menurunkan kandungan lemak kasar limbah buah durian dan ampas tahu. Perlakuan kontrol (P0) memiliki rata-rata lemak kasar tertinggi (11,21%), sedangkan P3 (2% *Trichoderma sp.*) menunjukkan kadar terendah (8,15%) (Tabel 2). Uji lanjut Duncan mengonfirmasi bahwa dosis inokulum 1% (P2), 2% (P3), dan 4% (P4) secara signifikan menurunkan lemak kasar dibandingkan P0. Namun, dosis 0,5% (P1) tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan P0. Hal ini mengindikasikan bahwa pada dosis tersebut, produksi enzim lipase belum mencapai konsentrasi optimal untuk mendegradasi lemak secara signifikan dalam waktu 10 hari. Kepadatan spora awal yang rendah menyebabkan lambatnya kolonisasi dan produksi enzim, sehingga pemecahan substrat menjadi kurang efektif dibandingkan dosis yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan temuan Kumajas *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa dosis inokulum sangat memengaruhi efektivitas fermentasi, di mana inokulum yang terlalu sedikit dapat menghambat pencapaian fase pertumbuhan optimal untuk biokonversi nutrisi.

Penurunan lemak kasar ini disebabkan oleh aktivitas metabolik *Trichoderma sp.* yang menghasilkan enzim lipase. Lipase memecah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas (Athukorala & Samaraweera, 2023). Senyawa-senyawa sederhana ini kemudian

diserap oleh hifa jamur dan masuk ke jalur metabolisme untuk menghasilkan energi (ATP) yang vital bagi pertumbuhan dan sintesis biomassa jamur, termasuk protein sel tunggal (PST). Lemak yang tersimpan dalam substrat secara aktif "dikonsumsi" oleh jamur, menyebabkan penurunan persentase total lemak kasar pada produk akhir (Borkertas *et al.*, 2025).

Meskipun respirasi *Trichoderma sp.* menyebabkan hilangnya sebagian massa bahan kering (dry matter loss) (Adebo *et al.*, 2022), efek konsumsi lemak oleh jamur jauh lebih dominan daripada efek konsentrasi, sehingga menghasilkan penurunan persentase lemak kasar. Hal ini konsisten dengan temuan bahwa fermentasi substrat lignoselulosa dengan kapang dapat menurunkan fraksi serat kasar dan lemak kasar (Iram *et al.*, 2021). Untuk mencapai penurunan lemak kasar yang signifikan, diperlukan dosis inokulum minimal 1% (P2). Peningkatan dosis hingga 4% (P4) tidak memberikan keuntungan signifikan tambahan, menunjukkan adanya plateau effect atau efek jenuh yang dimulai dari dosis 1% atau 2%.

Kadar Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi dengan *Trichoderma sp.* secara signifikan ($P < 0,05$) memengaruhi kadar air fermentasi campuran limbah buah durian dan ampas tahu (Tabel 3). Perlakuan P3 (2% *Trichoderma sp.*) menunjukkan kadar air tertinggi (66,53%), sedangkan P0 (tanpa fermentasi) memiliki kadar air terendah (60,34%). Uji lanjut Duncan mengonfirmasi bahwa P0 secara signifikan ($P < 0,05$) memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan semua perlakuan fermentasi (P1, P2, P3, P4). Namun, tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan fermentasi dengan dosis inokulum 0,5% hingga 4%.

Peningkatan kadar air ini merupakan hasil dari proses biokimia dan fisiologis oleh *Trichoderma sp.*, meskipun fenomena ini terlihat kontradiktif dengan sifat fermentasi aerobik yang umumnya menghasilkan (Perwez & Al, 2025). Kadar air awal substrat yang diatur $\pm 60\%$ optimal untuk pertumbuhan *Trichoderma sp.* dalam fermentasi fasa padat (SSF) (Glassey & Ward, 2015). Ampas tahu dalam substrat juga membantu menjaga kelembaban awal karena kapasitas menahan airnya yang baik. Sebagai mikroorganisme aerobik, *Trichoderma sp.* melakukan respirasi seluler, menghasilkan air (H₂O) sebagai produk sampingan utama (air

metabolik) (Glassey & Ward, 2015). Air metabolik ini secara absolut menambah total massa air di dalam fermentasi. Di sisi lain, aktivitas metabolik *Trichoderma sp.* mengurangi komponen padat substrat, di mana karbon dilepaskan sebagai CO₂, menyebabkan penurunan massa bersih bahan kering (Iswati *et al.*, 2024).

Kadar air diukur sebagai persentase massa air terhadap massa total substrat. Proses fermentasi memengaruhi keduanya: massa air meningkat karena air metabolik, sementara massa total substrat menurun akibat kehilangan bahan kering. Penurunan massa bahan kering saja sudah cukup meningkatkan persentase kadar air, sejalan dengan Lezita *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa fermentasi menyebabkan peningkatan kadar air karena bahan kering substrat dipecah. Tidak adanya perbedaan signifikan pada kadar air akhir antara perlakuan dengan dosis inokulum berbeda (P1 hingga P4) menunjukkan bahwa setelah tingkat ambang batas inokulum tercapai (0,5%), jumlah spora awal tidak lagi menjadi faktor pembatas selama 10 hari fermentasi. *Trichoderma sp.* dengan dosis awal rendah masih mampu berkolonisasi dan memanfaatkan seluruh substrat secara efektif, sehingga penggunaan dosis inokulum yang lebih rendah (0,5%) sudah cukup untuk mencapai hasil biokonversi yang setara dengan dosis yang lebih tinggi.

Kadar Abu

Menurunkan pH dan meningkatkan kelarutan banyak senyawa mineral (Yanti, 2016). Lebih lanjut, biomassa jamur itu sendiri mengakumulasi mineral, yang kemudian terhitung sebagai abu saat dianalisis (Fransistika *et al.*, 2012). Temuan ini sejalan dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa fermentasi dengan jamur selulolitik dapat meningkatkan kadar abu substrat. Salah satunya, penelitian oleh Koni *et al.* (2022) menunjukkan bahwa fermentasi dedak padi secara signifikan ($P < 0,01$) meningkatkan kadar abu dari 13,93% menjadi 14,40% setelah 3 hari. Tidak adanya perbedaan signifikan kadar abu antara P1, P2, dan P3 menunjukkan bahwa dosis inokulum 0,5% sudah cukup untuk mengkolonisasi substrat secara efektif dan mencapai dekomposisi maksimum dalam 10 hari fermentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi dengan *Trichoderma sp.* secara

signifikan ($P < 0,05$) memengaruhi kadar abu fermentasi campuran limbah buah durian dan ampas tahu (Tabel 4). Perlakuan P3 (2% *Trichoderma sp.*) memiliki rata-rata kadar abu tertinggi (6,26%), sedangkan P0 (tanpa fermentasi) terendah (3,61%). Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 (0,5%), P2 (1%), dan P3 (2%) secara signifikan ($P < 0,05$) meningkatkan kadar abu dibandingkan P0. Namun, P4 (4%) tidak berbeda nyata dengan P0, P1, P2, maupun P3, mengindikasikan efek yang tidak konsisten pada dosis tertinggi.

Peningkatan kadar abu ini terutama disebabkan oleh efek konsentrasi. Selama fermentasi aerobik, *Trichoderma sp.* menguraikan komponen organik substrat seperti selulosa dan hemiselulosa menjadi CO_2 dan H_2O , yang mengurangi massa total bahan kering (Damsir & Ansori, 2018). Sementara massa organik berkurang, massa mineral (anorganik) cenderung konstan, sehingga persentase mineral relatif meningkat. Komposisi substrat (80% limbah durian kaya lignoselulosa dan 20% ampas tahu sebagai sumber nitrogen) sangat memengaruhi mekanisme ini (Fitriana *et al.*, 2023). *Trichoderma sp.*, melalui enzim selulase, mengurai karbohidrat kompleks menjadi gula sederhana yang digunakan untuk pertumbuhan dan respirasi, menyebabkan hilangnya massa bahan kering organik (Gusnawaty *et al.*, 2017; Laoli *et al.*, 2019).

Selain efek konsentrasi, *Trichoderma sp.* juga secara aktif meningkatkan kandungan mineral yang terukur melalui proses biokimia sekunder. Jamur ini menghasilkan enzim fitase yang menghidrolisis asam fitat (Jatuwong *et al.*, 2020), melepaskan mineral penting yang sebelumnya terikat dan meningkatkan ketersediaan hayatinya (Gocheva *et al.*, 2024). Selama metabolisme, *Trichoderma sp.* juga menghasilkan asam organik yang dapat menurunkan pH dan meningkatkan kelarutan banyak senyawa mineral (Yanti, 2016). Lebih lanjut, biomassa jamur itu sendiri mengakumulasi mineral, yang kemudian terhitung sebagai abu saat dianalisis (Fransistika *et al.*, 2012). Temuan ini sejalan dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa fermentasi dengan jamur selulolitik dapat meningkatkan kadar abu substrat. Salah satunya, penelitian oleh Koni *et al.* (2022) menunjukkan bahwa fermentasi dedak padi secara signifikan ($P < 0,01$) meningkatkan kadar abu dari 13,93% menjadi 14,40% setelah 3 hari. Tidak adanya

perbedaan signifikan kadar abu antara P1, P2, dan P3 menunjukkan bahwa dosis inokulum 0,5% sudah cukup untuk mengkolonisasi substrat secara efektif dan mencapai dekomposisi maksimum dalam 10 hari fermentasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Fermentasi limbah buah durian menggunakan *Trichoderma sp.* memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan protein kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu. Perlakuan dengan dosis 0,5% menunjukkan hasil terbaik dengan protein kasar 10,68%, lemak kasar 10,38%, kadar air 65,28%, dan kadar abu 5,69%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, N., Abba Dandago, M., & Kabiru Yunusa, A. (2021). Review on production of single-cell protein from food wastes. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(6), 968–974. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i6.968-974.3758>
- Adebo, J. A., Njobeh, P. B., Gbashi, S., Oyedeji, A. B., Ogundele, O. M., Oyeyinka, S. A., & Adebo, O. A. (2022). Fermentation of cereals and legumes : impact on nutritional constituents and nutrient bioavailability. *Fermentation*, 1–57.
- Ahmed, S., Mustafa, G., Arshad, M., & Rajoka, M. I. (2017). Fungal biomass protein production from trichoderma harzianum using rice polishing. *BioMed Research International*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/6232793>
- Andari, N. N. A. (2019). Pengaruh masa inkubasi biakan *Trichoderma sp* terhadap kerapatan spora dan viabilitasnya dalam menghambat perkembangan phytophthora palmivora butl. *Progam Studi Ilmu Pertanian Universitas Tadulako Palu*, 1–77.
- AOAC. Official methods of analysis. 18th edn. (2005). Association of Official Analytical Chemists; Arlington, VA, USA.
- Arlofa, N., Ismiyati, I., Kosasih, M., & Fitriyah, N. H. (2019). Effectiveness of durian peel extract as a natural anti-bacterial agent. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(2), 163–170. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i2.14275>

- Armayanti, A. K., Luthfi, N., Nuraliah, S., Khaeruddin, K., Prima, A., Suryani, H. F., Wati, N. E., Ibrahim, I., Indah, A. S., Ali, N., & Susanti, I. (2024). Nutrisi ternak dasar: dinamika teori dan perkembangannya. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=k37-EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA20&dq=Pakan+limbah+penggilingan+serelia+atau+biji-bijian+dapat+menjadi+alternatif+yang+baik+untuk+memberikan+nutrisi+kepada+ternak.&ots=c2adZI2glv&sig=DBx1bi4tOYFd32oaD-eKETzHo-g>
- Athukorala, N. K., & Samaraweera, P. (2023). Identification of a lipolytic *Trichoderma sp.* And characterization of its extracellular lipase. *Ceylon Journal of Science*, 52(2), 231–238. <https://doi.org/10.4038/cjs.v52i2.8162>
- Badewi, B., & Hadisutanto, B. (2020). Kualitas bahan kering dan bahan organik pakan komplit fermentasi berbasis daun gamal secara in vitro. *Partner*, 25(2), 1435–1444.
- Borkertas, S., Viskelis, J., Viskelis, P., Streimikyte, P., Gasiunaite, U., & Urbonaviciene, D. (2025). Fungal biomass fermentation : valorizing the food industry ' s waste. 1–20.
- Chukwuma, O. B., Rafatullah, M., Tajarudin, H. A., & Ismail, N. (2020). Lignocellulolytic enzymes in biotechnological and industrial processes: a review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18), 1–31. <https://doi.org/10.3390/su12187282>
- Damsir, D., & Ansyori, A. (2018). Karakteristik padatan anaerobik hasil pengelolaan terintegrasi sampah kota sebagai pupuk organik. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(2), 244–251. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.244>
- Dendang, B. (2015). Uji antagonisme *Trichoderma spp.* Terhadap *ganoderma sp.* Yang menyerang tanaman sengon secara in vitro. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 4(2), 147.
- Feng, Y., Liu, H. Q., Sun, R. C., & Jiang, J. X. (2011). Enzymatic hydrolysis of cellulose from steampretreated lespedeza stalk (lespedeza crytobotrya) with four trichoderma cellulases. *BioResources*, 6(3), 2776–2789. <https://doi.org/10.15376/biores.6.3.2776-2789>
- Fitriana, N. H. I., Setiawan, R. F., Susanto, H., Hidayat, H. S., & Malia, R. P. (2023). Pemanfaatan kulit durian menjadi bahan baku pembuatan briket ramah lingkungan sebagai substitusi penggunaan kayu bakar di kampung durian wonosalam, Jombang. *Jurnal Pengembangan Masyarakat Lokal*, 6(2), 151–157. <https://doi.org/10.58406/jpml.v6i2.1401>
- Fransistika, R., Idiawati, N., & Destiarti, L. (2012). Pengaruh waktu fermentasi campuran trichoderma reesei dan aspergillus niger terhadap kandungan protein dan serat kasar ampas sagu. *Jurnal Kimia Khatulis*, 1(1), 35–39.
- Ginting, E., Elisabeth, D. A. A., Khamidah, A., Rinaldi, J., Ambarsari, I., & Antarlina, S. S. (2024). The nutritional and economic potential of tofu dreg (okara) and its utilization for high protein food products in Indonesia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16(May), 101175. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101175>
- Glassey, J., & Ward, A. C. (2015). Solid state fermentation. Diversity, Dynamics and Functional Role of Actinomycetes on European Smear Ripened Cheeses, 13(November 2001), 217–225. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10464-5_10
- Gocheva, Y., Stoyancheva, G., Miteva-Staleva, J., Abrashev, R., Dishliyska, V., Yovchevska, L., Angelova, M., & Krumova, E. (2024). Fungal phytases as useful tools in agricultural practices. *Agronomy*, 14(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123029>
- Gusnawaty, H. S., Taufik, M., Bande, L. O. S., & Asis, A. (2017). Effectiveness of several media for propagation biological agent *Trichoderma sp.*. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 17(1), 70–76. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11770-76>

- Husada, E. D., Sudiana, I. M., Idris, Indriyani, N. L. P., & Santoso, P. J. (2021). Studi pendahuluan metode biohidrolisis kulit buah durian untuk pembentukan gula reduksi dalam produksi bioetanol. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(2), 117–125.
- Iram, A., Berenjian, A., & Demirci, A. (2021). A review on the utilization of lignin as a fermentation substrate to produce lignin-modifying enzymes and other value-added products. *Molecules*, 26(10). <https://doi.org/10.3390/molecules26102960>
- Jatuwong, K., Suwannarach, N., Kumla, J., Penkhrue, W., Kakumyan, P., & Lumyong, S. (2020). Bioprocess for production, characteristics, and biotechnological applications of fungal phytases. *Frontiers in Microbiology*, 11(February), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00188>
- Koni, T. N. I., Foenay, T. A. Y., & Jehemat, A. (2022). Kandungan nutrisi dedak padi pada lama fermentasi berbeda. *Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5*, 26–31. <https://ejurnal.politanikoe.ac.id/index.php/psnp/article/view/108>
- Kumajas, N. ., Onibala, J. S. I. T., & Tuwaidan, N. (2022). Pengaruh dosis inokulum dan lama inkubasi fermentasi kombinasi *phanerochaete chrysosporium* dan *trichoderma reesei* terhadap kandungan nutrisi eceng gondok. *Zootec*, 42(2), 97. <https://doi.org/10.35792/zot.42.1.2022.41168>
- Kurmanbayeva, M., Makhatov, Z., Kusmangazinov, A., Karabalayeva, D., & Yerezhepova, N. (2023). Protein, amino acid and carbohydrate content of fungal treated annual and perennial wheat straw. *Journal of Ecological Engineering*, 24(12), 235–246. <https://doi.org/10.12911/22998993/173065>
- Laoli, V. Y., Nuraini, N., & Mirzah, M. (2019). Quality improvement of durian waste and tofu waste fermented with *pleurotus ostreatus*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(5), 1492–1498. <https://doi.org/10.22161/ijeab.45.32>
- Lezita, M., Sulistiyowati, E., & Fenita, Y. (2019). Profil asam amino dan nutrisi limbah biji durian (*durio zibethinus murr*) yang difermentasi dengan ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*) dan ragi tempe (*rhizopus oligosporus*). *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8, 59–66.
- Maurya, D. P., Singh, D., Pratap, D., & Maurya, J. P. (2012). Optimization of solid state fermentation conditions for the production of cellulase by *trichoderma reesei*. *Journal of Environmental Biology*, 33(1), 5–8.
- Nout, M. J. R. (2014). Food technologies: fermentation. *Encyclopedia of Food Safety*, 3, 168–177. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00270-5>
- Nurhayati, Berliana, & Nelwida. (2020). Kandungan nutrisi ampas tahu yang difermentasi dengan *trichoderma viride*, *saccharomyces cerevisiae* dan kombinasinya. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 23(12), 104–113.
- Pardosi, U. (2022). Pengaruh pemberian ampas tahu fermentasi dalam ransum terhadap karkas ayam broiler. *Jurnal Visi Eksakta*, 3(1), 82–99. <https://doi.org/10.51622/eksakta.v3i1.527>
- Perwez, M., & Al, S. (2025). Valorization of agro-industrial waste through solid-state fermentation : mini review. *Biotechnology Reports*, 45(December 2024), e00873. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00873>
- Polii, D. N. Y., Waani, M. R., & Pendong, A. F. (2020). Kecernaan protein kasar dan lemak kasar pada sapi perah peranakan fh (friesian holstein) yang diberi pakan lengkap berbasis tebon jagung. *Zootec*, 40(2), 482. <https://doi.org/10.35792/zot.40.2.2020.28632>
- Purnama, N., Irwan, S., Sri, M., Sitti, R., & Dandi. (2022). The use of durian seeds (*durio zibethinus murr*) as flour products from tolitoli and donggala regencies. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 12(3), 478–484. <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.3.478-484>
- Purnamasari, E., Fanani, M., & Harahap, A. E. (2024). Kadar c-organik, nitrogen, nilai c/n rasioakhir, nilai ph, temperatur dan lama

- nyala apibiogas pada c/n rasio awal kombinasi kulit nenas dan rumen yang berbeda. 2(1), 193–204.
- Ragasa, C. Y., Bacar, J. N. B., Querido, M. M. R., Tan, M. C. S., Del Fierro, R. S., & Choi, J. S. (2016). Chemical constituents of durio zibethinus murr. fruit. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 8(8), 1300–1303.
- Ratih, D., Daning, A., & Karunia, A. D. (2018). Teknologi fermentasi menggunakan kapang *Trichoderma sp* untuk meningkatkan kualitas nutrisi kulit kopi sebagai pakan ternak ruminansia fermentation technology using molds *Trichoderma sp* to improve the quality of nutrition of coffee skin as a ruminant feed. *Agriekstensi*, 17(1).
- Rehman, S., & Bahadur, S. (2023). Evaluation of protein content in some fodder crops. May.
- Rida Iswati, Abdul Latief Abadi, Aini, L. Q., Soemarno, S., Asnawi, A., Pulogu, S. I., & Rudin, S. S. (2024). Potensi *Trichoderma sp.* indigenus gorontalo sebagai dekomposer limbah tanaman jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2), 163–168. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.2.163>
- Sitompul, S. A., Sjoftan, O., & Djunaidi, I. H. (2016). Pengaruh beberapa jenis pakan komersial terhadap kinerja produksi kuantitatif dan kualitatif ayam pedaging. *Buletin Peternakan*, 40(3), 187. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v40i3.11622>
- Sunardi, Seftian, W., & Daryatmo, J. (2023). Pengaruh penambahan *Trichoderma sp* dan lama fermentasi terhadap ph, sifat fisik dan kandungan nutrisi jerami kacang tanah fermentasi. 5(April 2022), 106–111.
- Suryadi, E. (2003). Pemanfaatan limbah tapioka sebagai substrat dalam. In *Buletin Penelitian* (Vol. 25, Issue 1, pp. 9–17).
- Yanti, D. P. (2016). Dekomposisi berbagai jenis bahan organik dengan trichodermaviride (isolat t1sk) untuk menginduksi ketahanan bibit pisang terhadap fusariumoxysporumf. *Spcubense (foc)* penyebab penyakit layu fusarium. Universitas Andalas.