

KECERNAAN RANSUM AYAM BROILER DENGAN PENAMBAHAN MIKROKAPSUL EKSTRAK LIMBAH IKAN PATIN FERMENTASI

Muhamad Agus Rinaldi¹, Abun^{1*}, Denny Rusmana¹

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran
Jl. Hegarmanah, Hegarmanah, Kecamatan Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

* Email Penulis Korespondensi: abun@unpad.ac.id

(Submitted: 03-06-2025; Revised: 26-07-2025; Accepted: 12-08-2025)

ABSTRAK

Industri pengolahan ikan patin di Indonesia menyisakan limbah yang dapat dijadikan sebagai pakan suplemen ayam broiler, tetapi diperlukan fermentasi untuk menurunkan kandungan lemaknya dan mikroenkapsulasi untuk melindungi kandungan nutriennya dari kerusakan oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi (MELIPF) dan mendapatkan level penambahan MELIPF yang menghasilkan nilai kecernaan Bahan Kering (KcBK), Bahan Organik (KcBO), dan protein (KcP) ransum tertinggi ayam broiler. Sebanyak 80 ekor ayam broiler strain Cobb⁵⁰⁰ diberi ransum dengan perlakuan penambahan MELIPF 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Sampel ransum dan feses dianalisis kandungan BK, BO, dan proteinnya serta lignin sebagai indikator. Data yang diperoleh dianalisis ragam menggunakan rancangan acak lengkap dilanjut dengan uji beda nyata terkecil untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan MELIPF berpengaruh terhadap nilai KcBK, KcBO, dan KcP ransum ayam broiler. Penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2% berpengaruh nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan 0% MELIPF pada KcBK dan KcBO, sedangkan penambahan 2% MELIPF berpengaruh nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan 0% MELIPF pada KcP. Penambahan 1,5% MELIPF menghasilkan nilai KcBK, KcBO, dan KcP ransum ayam broiler tertinggi.

Kata kunci: Ayam broiler, ekstrak limbah ikan patin, kecernaan, mikrokapsul

DIGESTIBILITY VALUE OF BROILER CHICKEN RATION WITH THE ADDITION OF FERMENTED CATFISH WASTE EXTRACT MICROCAPSULES

ABSTRACT

The catfish processing industry in Indonesia generates waste that can be used as supplementary feed for broiler chickens, but it requires fermentation to reduce fat and microencapsulation to protect nutrients from oxidation. This study aimed to determine the effect of additional fermented catfish waste extract microcapsules (FCWEM) and obtain the optimal level of FCWEM addition that produces the highest digestibility of Dry Matter (DM), Organic Matter (OM), and protein in broiler chicken rations. 80 Cobb⁵⁰⁰ strain broiler chickens were given rations with FCWEM addition treatments of 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. Ration and feces samples were analyzed for their DM, OM, protein, and indicator lignin. Data obtained were analyzed for variance with a completely randomized design, followed by the least significant difference test to determine differences between treatments. Results showed the addition of FCWEM affected the digestibility of DM, OM, and protein in broiler chicken rations. The addition of FCWEM 0.5%, 1%, and 2% had a significantly lower effect ($p < 0.05$) compared to 0% FCWEM on digestibility DM and OM, while the addition of 2% FCWEM had a significantly lower effect ($p < 0.05$) compared to 0% MELIPF on digestibility protein. The addition of 1.5% FCWEM produced the highest digestibility of DM, OM, and protein in broiler chicken rations.

Keywords: Broiler chicken, catfish waste extract, digestibility, microcapsule

PENDAHULUAN

Industri pengolahan ikan patin di Indonesia mengalami kenaikan produksi yang pesat seiring dengan tingginya permintaan filet ikan patin. Produksi

ikan patin di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 327.146 ton (BPS, 2023). Industri pengolahan ikan patin menyisakan limbah sebanyak 67% dari total produksi (Oktaviani *et al.*, 2021). Limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan ikan patin dapat

berupa dalam bentuk padatan, seperti tulang, isi perut (jeroan), daging tetelan dan lemak perut (Riza *et al.*, 2017). Total asam amino pada hidrolisat protein kepala dan tulang ikan patin yaitu sebesar 32,68% sedangkan untuk hidrolisat protein tulang ikan patin yaitu sebesar 25,68%, dan terdapat pula 8 jenis kandungan asam amino esensial di dalamnya yang meliputi histidin, treonin, metionin, valin, fenilalanin, isoleusin, leusin, dan lisin (Nurilmala *et al.*, 2018). Industri peternakan ayam broiler saat ini membutuhkan inovasi dalam pengembangan pakan ternak dengan menggunakan bahan yang lebih efisien (Pesti & Choct, 2023). Limbah ikan patin ini berpotensi untuk dijadikan sebagai pakan suplemen ransum ayam broiler karena ketersediaannya yang cukup melimpah dan memiliki kandungan nutrisi yang cukup serta mudah didapat dengan harga yang murah.

Ayam broiler merupakan ayam hasil perbaikan genetik sehingga mampu mencapai bobot maksimal dalam waktu yang cepat. Keunggulan genetik ayam broiler yang diimbangi dengan pemberian pakan yang berkualitas mampu mengoptimalkan performa ayam broiler (Sharifuzzaman *et al.*, 2025; Ratnasari *et al.*, 2015). Suplementasi asam amino seperti *DL-Methionine* sebesar 0,70% dalam ransum dapat meningkatkan performa pertambahan bobot badan dan efisiensi ransum, ayam broiler (Teng *et al.*, 2023; Pokoo-Aikins *et al.*, 2021; Son *et al.*, 2020), dan suplementasi *L-lysine HCl* sebesar 0,70% dalam ransum mampu mengoptimalkan hasil pertambahan bobot badan, konsumsi ransum, dan efisiensi ransum ayam broiler (Foni *et al.*, 2020). Pemanfaatan limbah ikan patin untuk dijadikan pakan suplemen ransum ayam broiler memiliki kendala pada tingginya kandungan lemak pada limbah ikan patin (Abun *et al.*, 2024^a). Kandungan lemak yang tinggi pada limbah ikan patin dapat didegradasi dengan melakukan fermentasi (Predescu *et al.*, 2024).

Fermentasi bahan pakan olahan dilakukan dengan penambahan mikroorganisme atau enzim hingga terjadi perubahan biokimiawi yang signifikan pada bahan pakan (Sugiharto & Ranjitkar, 2019; Chilton *et al.*, 2015). Fermentasi limbah ikan patin dapat memanfaatkan mikroba lipolitik untuk mendegradasi kandungan lemaknya yang tinggi (Kumar *et al.*, 2020). Mikroba lipolitik yang digunakan berupa mikroba aerumili yaitu bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, kapang *Rhizopus microsporus*, dan yeast *Yarrowia lipolytica* yang ditambahkan secara konsorsium untuk memaksimalkan kinerja mikroba dalam mendegradasi lemak pada saat fermentasi (Abun *et al.*, 2025; Wierzchowska *et al.*, 2025). Penambahan mikroba aerumili dapat menambah profil asam lemak esensial dan asam amino pada limbah ikan patin. Fermentasi limbah ikan patin mengandung nutrisi berupa protein (37,27%), lemak (10,51%), serat (1,15%), kalsium (5,56%), fosfor (11,46%), energi metabolis (3162 kkal/kg), asam amino esensial (15,73%), dan asam lemak esensial (9,85%) dengan kandungan air sebesar (10,50%) (Abun *et al.*, 2024^b).

Hasil fermentasi limbah ikan patin mudah mengalami kerusakan karena oksidasi sehingga durasi penyimpanan produknya tidak bertahan lama. Hasil fermentasi limbah ikan patin perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut berupa mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi adalah proses pembungkusan partikel kecil atau tetesan cairan oleh bahan polimer untuk menghasilkan produk partikel kecil atau mikrokapsul (Emon *et al.*, 2025; Baena-aristizabal *et al.*, 2019). Mikroenkapsulasi limbah ikan patin fermentasi dapat dilakukan dengan menyalut cairan ekstrak limbah ikan patin fermentasi dengan bahan penyalut *maltodextrin*, yang merupakan salah satu bahan turunan pati yang dihasilkan dari proses hidrolisis parsial oleh enzim α -amilase yang memiliki nilai *dextrose equivalent* (DE) atau jumlah total pereduksi hasil hidrolisis pati kurang dari 20 (Satmah *et al.*, 2021; Rosida *et al.*, 2020). Hasil dari proses mikroenkapsulasi berupa mikrokapsul atau butiran kecil yang didalamnya berisi cairan ekstrak limbah ikan patin fermentasi.

Kualitas pakan yang ditambahkan dalam ransum ayam broiler penting untuk diketahui, salah satu upaya yang bisa dilakukan yaitu dengan mengukur nilai kecernaan ransumnya untuk mengetahui besarnya nilai nutrisi yang termanfaatkan sebagai pengembangan fisiologis dan metabolisme ayam broiler. Semakin rendah nilai kecernaannya maka semakin rendah pula nilai manfaatnya, sebaliknya apabila kecernaannya tinggi maka nilai manfaatnya juga tinggi (Ravindran & Abdollahi, 2021; Cerrate *et al.*, 2019; Fitasari *et al.*, 2016). Ayam broiler memerlukan ransum yang memiliki tingkat kecernaan nutrisi yang tinggi untuk mendukung percepatan bobot badannya (Yaman *et al.*, 2022). Penambahan pakan terfermentasi dalam ransum dapat meningkatkan nilai kecernaan ransum ayam broiler karena fermentasi mampu merombak senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga mudah untuk dicerna, dan terdapat enzim hasil sekresi mikroba pada saat fermentasi yang dapat membantu kinerja organ pencernaan ayam broiler dalam mencerna nutrisi pakan (Predescu *et al.*, 2024). Penambahan silase limbah ikan dalam ransum ayam broiler dapat meningkatkan kinerja fungsi usus yang bersumber dari peningkatan aktivitas enzim pencernaan dan nilai kecernaan nutrisi (Shabani *et al.*, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi (MELIPF) dan mendapatkan level penambahan MELIPF yang menghasilkan nilai kecernaan bahan kering (KcBK), bahan organik (KcBO), dan protein (KcP) ransum ayam broiler paling baik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas Non Ruminansia dan Industri Makanan Ternak; Mini Feedmill Ciparanje; dan Kandang Penelitian Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran, Ciparanje, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan selama 60 hari, sejak

7 Oktober 2024 sampai 7 Desember 2024. Ternak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ayam broiler strain Cobb⁵⁰⁰ yang diperoleh dari PT. New Hope Indonesia, berupa *day old chick* (DOC) sebanyak 80 ekor. Setiap 4 ekor ayam broiler ditempatkan pada kandang berukuran 90x90x50 cm sehingga terdapat 20 unit kandang. Ayam broiler dipelihara sampai umur 35 hari pada kandang koloni dan diberi masing-masing ransum perlakuan. Ransum yang digunakan pada penelitian ini dibuat

berdasarkan kebutuhan energi metabolisme dan protein. Bahan pakan yang digunakan untuk menyusun ransum basal terdiri dari jagung kuning 53,00%, bungkil kedelai 26,35%, dedak halus 9,00%, tepung ikan 6,75%, tepung tulang 2,00%, CaCO₃ 0,50%, minyak kelapa 1,50%, lysin 0,15%, metionin 0,25%, dan top mix 0,50%. Kandungan nutrisi dan energi metabolisme bahan pakan dapat dilihat pada Tabel 1, dan kandungan nutrisi ransum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kandungan nutrisi dan energi metabolisme bahan pakan

Bahan Pakan	Kandungan Nutrien								
	PK	LK	SK	Ca	P	Lys*	Met*	Sis*	EM
	%								
Jagung kuning	6,74	3,51	2,15	0,02	0,09	0,16	0,14	0,14	2.880
MELIPF**	9,43	8,85	2,28	4,92	11,04	0,59	0,01	0,00	3.003
Bungkil kedelai	39,68	0,81	3,27	0,29	0,26	2,61	0,59	0,60	2.940
Dedak halus	7,92	11,70	20,13	0,11	0,19	0,47	0,18	0,24	2.571
Tepung ikan	48,95	8,10	0,96	6,93	3,51	5,45	1,51	0,75	2.785
Tepung tulang	0,00	0,00	0,00	21,60	10,80	0,00	0,00	0,00	-
CaCO ₃	0,00	0,00	0,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Minyak kelapa	0,00	90,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8.600
Lysin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,4	0,00	0,00	-
Metionin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,4	0,00	-
Top mix	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-

PK (protein kasar), LK (lemak kasar, SK (serta kasar), Ca (kalsium), P (fosfor) merupakan hasil analisis Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas dan Non Ruminansia Universitas Padjadjaran. *Hasil Analisis Laboratorium Saraswanti Indo Genetech. **MELIPF (mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi).

Tabel 2. Kandungan nutrisi ransum perlakuan

Ransum	Nutrien										
	BK	BO	PK	SK	LK	Ca	P	Lys	Met	Sis	EM
	%										
	Kkal/kg										
R0	90,75	81,68	21,25	2,71	4,87	0,95	0,68	1,27	0,53	0,22	2.826,00
R1	90,36	81,32	21,19	2,71	4,89	0,97	0,73	1,26	0,53	0,21	2.826,89
R2	90,87	81,87	21,13	2,71	4,91	0,99	0,78	1,26	0,53	0,21	2.827,77
R3	89,59	80,62	21,08	2,71	4,92	1,01	0,84	1,25	0,53	0,21	2.828,66
R4	92,08	83,15	21,02	2,70	4,94	1,03	0,89	1,25	0,52	0,21	2.829,54

R0 (100% Ransum basal (tanpa penggunaan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi (MELIPF)); R1 (99,5% Ransum basal + 0,5% MELIPF); R2 (99% Ransum basal + 1% MELIPF); R3 (98,5% Ransum basal + 1,5% MELIPF); dan R4 (98% Ransum basal + 2% MELIPF). Hasil analisis Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas dan Non Ruminansia Universitas Padjadjaran 2024.

Prosedur pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pembuatan MELIPF

Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan menyiapkan bahan yang akan digunakan sebagai substrat fermentasi yaitu limbah ikan patin berupa bagian kepala, sirip, dan ekor ikan patin. Limbah ikan patin digiling sampai halus menggunakan *meat grinder* dan dimasukkan ke dalam tabung fermentor untuk difermentasi. Fermentasi dilakukan dengan memasukkan larutan inokulum pada level 10% dari substrat yang ditambahkan secara konsorsium dengan suhu 35°C selama 4 hari yang dihomogenkan dengan merotasikan tabung fermentor membentuk angka

delapan selama proses fermentasi berlangsung. Setelah 4 hari, hasil fermentasi diambil lalu saring hasil substrat dengan memisahkan hasil padatan dengan hasil ekstraknya, dilanjutkan dengan sentrifugasi untuk memisahkan cairan supernatan dengan residu. Selanjutnya, cairan supernatan dimasukkan ke dalam wadah untuk siap dilakukan ke proses selanjutnya yaitu mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi dilakukan dengan mencampurkan ekstrak limbah ikan patin fermentasi ke dalam bahan penyalut yaitu *maltodekstrin* pada wadah loyang dengan perbandingan 6:4 sampai tercampur merata dan membentuk adonan. Kemudian keringkan adonan MELIPF menggunakan oven dengan suhu di bawah 50°C. Setelah kering, haluskan adonan MELIPF

menggunakan blender. MELIPF siap ditambahkan ke dalam ransum dengan level tertentu sesuai dengan perlakuan yang dicobakan.

b. Pembuatan Ransum

Timbang masing-masing bahan pakan sesuai dengan formulasi pada Tabel 2). Bahan pakan yang telah ditimbang, kemudian diaduk menggunakan *mixer* horizontal sampai homogen. Setelah tercampur merata, ransum dibentuk pellet menggunakan mesin pellet.

c. Persiapan Kandang

Persiapan kandang yang dilakukan diantaranya:

1. Sterilisasi kandang dengan pengapuran dan fumigasi.
2. Pemasangan kandang dengan *cage* yang terdiri dari 4 sekat.
3. Penaburan sekam sebagai *litter*.
4. Pemasangan pemanas *brooder* berupa lampu bohlam 60 watt.
5. Pengaturan ventilasi dan sirkulasi udara.

d. Pengujian Ransum Perlakuan pada Ayam Broiler

Ayam broiler yang digunakan sebanyak 80 ekor dengan pemberian pakan secara manual dan air minum diisi secara *ad libitum*. Setiap 4 ekor ayam broiler ditempatkan pada kandang ukuran 90x90x50 cm sehingga terdapat 20 unit kandang. Ayam broiler dipelihara mulai dari DOC sampai umur 35 hari pada kandang koloni dan diberi masing-masing ransum perlakuan.

e. Pengambilan dan Pengujian Sampel

Pada umur ayam 35 hari diambil 3 ekor untuk setiap unit kandang. Ayam disembelih kemudian diambil sampel feses pada bagian usus besar (kolon) ayam broiler. Sampel feses kemudian ditimbang untuk mengetahui berat segarnya dan dilanjut dengan analisis bahan kering, bahan organik, dan protein kasar. Adapun analisis lignin (pakan dan feses) dilakukan sebagai indikator yang digunakan pada pengukuran kecernaan. Untuk mengetahui kadar lignin ransum dan feses, maka sampel dianalisis terlebih dahulu kadar ADF menggunakan metode Van Soest & Robertson (1985).

ADF

1. Timbang sampel 0,3 gram (a gram) kemudian masukkan kedalam tabung reaksi 50 ml
2. Tambahkan 40 ml larutan ADF kemudian tutup rapat tabung reaksi tersebut
3. Refluks dalam air mendidih selama 1 jam
4. Saring dengan *sintered glass* yang telah diketahui beratnya (b gram) sambil diisap dengan pompa vacuum
5. Cuci dengan air mendidih kurang lebih 100 ml sampai busa hilang dan 50 ml alkohol
6. Ovenkan pada suhu 100°C selama 8 jam atau dibiarkan bermalam
7. Dinginkan dalam eksikator kurang lebih ½ jam kemudian timbang (c gram)
8. Kemudian masukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{Kadar ADF} = \frac{c-b}{a} \times 100\%$$

Lignin

1. *Sintered glass* yang berisi ADF diletakkan diatas petridisk
2. Tambahkan 20 ml H₂SO₄ 72%, diaduk untuk memastikan bahwa serat terbasahi dengan H₂SO₄ 72% dan biarkan selama kurang lebih 2 jam 20 menit
3. Hisap dengan pompa vacuum sambil dibilas dengan air panas secukupnya
4. Oven selama 8 jam pada suhu 100°C atau dibiarkan bermalam
5. Masukkan kedalam eksikator kemudian timbang (c gram). Masukkan kedalam tanur listrik dengan suhu 500°C selama 2 jam, biarkan agak dingin kemudian masukkan kedalam eksikator selama ½ jam. Kemudian timbang (d gram).
6. Kemudian masukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{Kadar lignin} = \frac{c-d}{\text{berat sampel ADF}} \times 100\%$$

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan sehingga didapatkan 20 unit percobaan. Perlakuan dalam penelitian ini, yaitu: R0 (ransum basal/tanpa penambahan MELIPF), R1 (99,5% ransum basal + 0,5% MELIPF), R2 (99% ransum basal + 1% MELIPF), R3 (98,5% ransum basal + 1,5% MELIPF), dan R4 (98% ransum basal + 2% MELIPF). Pengukuran kecernaan ini mengacu pada metode Sklan & Huwartz (1980) yang dimodifikasi (Abun et al., 2022). Ransum perlakuan dan sampel feses dianalisis kandungan nutrisinya sesuai dengan parameter dan lignin sebagai indikator.

Variabel yang diamati meliputi:

a. Metode Pengukuran Kecernaan Bahan Kering (KcBK)

Pengukuran nilai Kecernaan Bahan Kering (KcBK) dilakukan untuk mengukur sejauh mana kandungan bahan kering ransum yang diserap oleh saluran pencernaan ayam broiler. Metode yang dilakukan yaitu dengan menganalisis kandungan bahan kering ransum yang diberikan dan bahan kering feses sesuai dengan perlakuan. Prosedur analisis kecernaan bahan kering adalah sebagai berikut:

1. Timbang sampel ransum dan feses dalam bentuk *asfeed* kemudian catat beratnya (a gram)
2. Masukkan kedalam oven 105°C selama kurang lebih 8 jam
3. Catat berat kering secara berkala setiap 1 jam sekali sampai mendapat angka yang tetap (b gram)
4. Kemudian masukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{Bahan Kering} = \frac{b}{a} \times 100$$

5. Hasil analisis bahan kering dimasukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{KcBK} = 100\% - \left[100 \left\{ \frac{\% \text{lignin ransum}}{\% \text{lignin feses}} \times \frac{\% \text{BK ransum}}{\% \text{BK feses}} \right\} \right]$$

b. Metode Pengukuran Kecernaan Bahan Organik (KcBO)

Pengukuran nilai Kecernaan Bahan Organik (KcBO) dilakukan untuk mengukur sejauh mana

<https://doi.org/10.30598/ajitt.2025.13.2.157-166>

kandungan bahan organik ransum yang diserap oleh saluran pencernaan ayam broiler. Metode yang dilakukan yaitu dengan menganalisis kandungan bahan organik ransum yang diberikan dan bahan organik feses sesuai dengan perlakuan. Prosedur analisis pencernaan bahan organik adalah sebagai berikut:

1. Siapkan cawan porselen dan timbang. Catat sebagai (a gram)
2. Timbang sampel ransum dan feses kemudian catat beratnya (b gram)
3. Bakar di atas kompor listrik sampai tidak mengeluarkan asap
4. Masukkan kedalam tanur dengan suhu 500-600°C selama kurang lebih 6-8 jam. Pembakaran dinyatakan selesai dengan indikator sampel berubah warna menjadi abu sampai putih
5. Cawan porselen + abu diambil dari tanur dan masukkan kedalam eksikator, diamkan selama ½ jam kemudian timbang (c gram)
6. Kemudian masukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{Abu\%} = \frac{c-a}{b} \times 100$$
7. Untuk mendapatkan kandungan bahan organik dilakukan dengan perhitungan berikut:

$$\text{Bahan Organik} = \text{Bahan Kering} - \text{Abu\%}$$

8. Hasil analisis bahan organik dimasukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{KcBO} = 100\% - \left[100 \left\{ \frac{\% \text{lignin ransum}}{\% \text{lignin feses}} \times \frac{\% \text{BO ransum}}{\% \text{BO feses}} \right\} \right]$$

- c. Metode Pengukuran Kecernaan Protein (KcP)

Pengukuran nilai Kecernaan Protein (KcP) dilakukan untuk mengukur sejauh mana kandungan protein ransum yang diserap oleh saluran pencernaan ayam broiler. Metode yang dilakukan yaitu dengan menganalisis kandungan protein kasar ransum yang diberikan dan protein kasar feses sesuai dengan perlakuan. Prosedur analisis pencernaan protein menggunakan Metode Kjeldhal (destruksi, destilasi, dan titrasi). Hasil analisis protein kasar sampel ransum dan feses kemudian dimasukkan kedalam rumus berikut:

$$\text{KcP} = 100\% - \left[100 \left\{ \frac{\% \text{lignin ransum}}{\% \text{lignin feses}} \times \frac{\% \text{PK ransum}}{\% \text{PK feses}} \right\} \right]$$

Data hasil percobaan yang diperoleh menurut masing-masing peubah kemudian dianalisis menggunakan metode analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*.

Tabel 3. Kecernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, dan pencernaan protein ransum

Variabel	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
Kecernaan Bahan Kering	57,05 ^a ±0,69	51,95 ^a ±0,34	55,27 ^b ±1,86	61,93 ^d ±0,29	55,96 ^b ±0,62
Kecernaan Bahan Organik	59,84 ^a ±0,69	55,40 ^a ±0,32	58,39 ^b ±1,67	64,39 ^d ±0,27	58,75 ^b ±0,57
Kecernaan Protein	64,40 ^b ±0,53	66,05 ^b ±2,50	64,40 ^b ±4,40	66,22 ^b ±2,76	59,74 ^a ±0,57

R0 (100% Ransum basal (tanpa penggunaan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi (MELIPF))); R1 (99,5% Ransum basal + 0,5% MELIPF); R2 (99% Ransum basal + 1% MELIPF); R3 (98,5% Ransum basal + 1,5% MELIPF); dan R4 (98% Ransum basal + 2% MELIPF). ^{abcd}Superscript berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda (p<0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengaruh penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi (MELIPF) dengan level berbeda terhadap nilai pencernaan bahan kering, pencernaan bahan organik, dan pencernaan protein ransum disajikan pada Tabel 3.

KECERNAAN BAHAN KERING

Hasil analisis ragam menunjukkan penambahan MELIPF dalam ransum berpengaruh nyata (p<0,05) terhadap nilai pencernaan bahan kering, sehingga dilakukan uji BNT untuk mengetahui perbedaan pengaruh masing-masing perlakuan. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa penambahan MELIPF 1,5% dalam ransum memberikan pengaruh yang nyata dan lebih tinggi rata-rata nilai pencernaan bahan kering dibandingkan dengan ransum basal maupun penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2%, sedangkan penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2% berpengaruh nyata dan rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan ransum basal (Tabel 3).

Tinggi rendahnya nilai pencernaan bahan kering pada penelitian ini diduga karena adanya keseimbangan

dan ketidakseimbangan asam amino esensial pada masing-masing perlakuan yang diberikan. Penurunan nilai pencernaan bahan kering ransum ayam broiler pada penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2% diduga karena penambahan beberapa asam amino esensial yang terkandung pada MELIPF menyebabkan adanya ketidakseimbangan asam amino esensial yang berdampak negatif pada proses metabolisme ayam broiler. Kelebihan atau kekurangan salah satu asam amino esensial dapat menghambat proses metabolisme dan fungsi fisiologis ternak yang berdampak pada konsumsi pakan, pertumbuhan bobot badan, dan penurunan efisiensi pakan (Son *et al.*, 2020; Beski *et al.*, 2015). Penambahan salah satu asam amino esensial dalam ransum harus diimbangi dengan penambahan asam amino esensial yang lain sehingga keseimbangan asam amino dalam ransum tetap terjaga dan dapat berpengaruh positif terhadap performa ayam broiler (Adhikari *et al.*, 2025).

Peningkatan nilai pencernaan bahan kering pada penambahan MELIPF dengan level 1,5% tidak lepas dari peran mikroba aerumili (*Pseudomonas aeruginosa*, *Rhizopus microsporus*, dan *Yarrowia lipolytica*).

Mikroba ini mampu memproduksi beberapa enzim seperti enzim lipase dan protease selama proses fermentasi. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mampu memproduksi enzim lipase (Nopiani *et al.*, 2016) serta memproduksi enzim protease (Desalegn *et al.*, 2023). Kapang *Rhizopus microsporus* juga mampu memproduksi enzim lipase (Todo *et al.*, 2021) dan enzim protease (Sun *et al.*, 2014) serta terdapat juga yeast *Yarrowia lipolytica* yang mampu memproduksi enzim lipase (da Silva *et al.*, 2023; Brigida *et al.*, 2014) dan enzim protease (Wieczorek *et al.*, 2023). Adanya aktivitas enzim lipase dan protease dalam saluran pencernaan unggas mampu mengoptimalkan fungsi organ pencernaan ayam broiler. Menurut Regar & Kowel, (2021) bahwa enzim lipase dan enzim protease berguna untuk meningkatkan pencernaan bahan ransum seperti lemak dan protein. Hasil penelitian Shabani *et al.*, (2019) menyatakan bahwa penambahan silase limbah ikan dalam ransum ayam broiler dapat meningkatkan kinerja fungsi usus yang bersumber dari peningkatan aktivitas enzim pencernaan dan nilai kecernaan nutrisi.

KECERNAAN BAHAN ORGANIK

Hasil analisis ragam menunjukkan penambahan MELIPF dalam ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kecernaan bahan organik, dan hasil uji BNT menunjukkan bahwa penambahan MELIPF 1,5% (P3) dalam ransum memberikan pengaruh yang nyata dan lebih tinggi rata-rata nilai kecernaan bahan organik dibandingkan dengan ransum basal maupun penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2%, sedangkan penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2% berpengaruh nyata dengan nilai rata-ratanya lebih rendah dibandingkan dengan ransum basal (Tabel 3).

Nilai kecernaan bahan organik pada penelitian ini berbanding lurus dengan nilai kecernaan bahan kering. Hasil penelitian ini sejalan dengan pernyataan Wenda *et al.*, (2020) bahwa nilai kecernaan bahan organik berbanding lurus dengan kecernaan bahan kering yang artinya semakin tinggi nilai kecernaan bahan organik maka semakin tinggi nilai kecernaan bahan kering atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena sebagian besar komponen yang terkandung dalam bahan kering berupa bahan organik. Kandungan bahan organik dalam pakan di antaranya yaitu protein kasar, lemak kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) (Usman *et al.*, 2023). Seperti halnya kecernaan bahan kering, peningkatan nilai kecernaan bahan organik pada penambahan MELIPF dengan level 1,5% juga diduga karena adanya keseimbangan asam amino esensial di dalam tubuh ayam broiler sehingga proses metabolisme ayam broiler berjalan secara normal. Peningkatan proses metabolisme dalam tubuh dapat memperlancar zat-zat makanan yang dikonsumsi, dicerna, diabsorpsi dan ditransportasikan ke seluruh tubuh (Regar & Kowel, 2021; Rompas *et al.*, 2016). Penurunan nilai kecernaan bahan organik ransum ayam broiler pada penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 2% diduga karena penambahan beberapa asam amino esensial yang terkandung pada MELIPF menyebabkan

adanya ketidakseimbangan asam amino esensial yang berdampak negatif pada proses metabolisme ayam broiler sehingga kemampuan daya cernanya tidak optimal.

Peningkatan nilai kecernaan bahan organik pada penambahan MELIPF dengan level 1,5% juga tidak lepas dari peran mikroba aerumili (*Pseudomonas aeruginosa*, *Rhizopus microsporus*, dan *Yarrowia lipolytica*) dalam memproduksi enzim lipase dan protease selama proses fermentasi berlangsung. Fermentasi dapat meningkatkan nilai kecernaan bahan pakan melalui proses penyederhanaan zat yang terkandung dalam bahan pakan oleh enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroba (Nurhayati *et al.*, 2019). Hasil penelitian Shabani *et al.*, (2019) bahwa ransum mengandung silase limbah ikan mampu meningkatkan aktivitas enzim amilase, lipase dan protease di dalam jejunum ayam broiler. Menurut Regar & Kowel, (2021) bahwa enzim amilase, lipase dan enzim protease berguna untuk meningkatkan pencernaan bahan ransum seperti karbohidrat, lemak dan protein.

KECERNAAN PROTEIN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan MELIPF dalam ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kecernaan protein ransum ayam broiler, dan hasil uji bnt BNT menunjukkan bahwa penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 1,5% dalam ransum memberikan pengaruh yang sama terhadap nilai kecernaan protein ransum ayam broiler dibandingkan dengan ransum basal, sedangkan penambahan MELIPF 2% berpengaruh nyata dan rata-ratanya lebih rendah dibandingkan dengan ransum basal. Penambahan MELIPF 1,5% dalam ransum menghasilkan nilai kecernaan protein tertinggi. Akan tetapi, tingginya nilai kecernaan protein pada penambahan MELIPF 1,5% tidak berpengaruh nyata ($> 0,05$) dibandingkan dengan ransum basal (Tabel 3). Tidak berpengaruhnya nilai kecernaan protein pada penambahan MELIPF 0,5%, 1%, dan 1,5% dengan ransum basal pada penelitian ini diduga karena komponen penyusun bahan organik bukan hanya protein saja, tetapi terdapat kandungan yang lain seperti lemak kasar, serat kasar, dan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN) sehingga peningkatan nilai kecernaan protein pada penelitian ini tidak selaras dengan peningkatan nilai kecernaan bahan organik.

Tingginya nilai kecernaan protein pada ransum dengan penambahan MELIPF 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% sama halnya dengan nilai kecernaan bahan kering, dan bahan organik yaitu diduga karena adanya keseimbangan asam amino esensial. Keseimbangan asam-asam amino esensial dalam ransum dapat mendukung percepatan pertumbuhan bobot badan pada ternak (Wibawa & Sumadi, 2019). Asam amino merupakan produk hasil perombakan senyawa kompleks protein menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga mudah untuk dicerna oleh saluran pencernaan unggas. Menurut Saelan & Nurdin (2019) bahwa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein unggas untuk mengoptimalkan performanya yaitu diantaranya adanya keseimbangan asam amino dalam

ransum, suhu lingkungan, kandungan energi metabolis ransum, jenis kelamin, spesies, dan umur unggas.

Tingginya nilai pencernaan protein pada penambahan MELIPF 0,5%, 1% dan 1,5% juga tidak lepas dari adanya peran mikroba aerumili (*Pseudomonas aeruginosa*, *Rhizopus microsporus*, dan *Yarrowia lipolytica*) dalam memproduksi enzim lipase dan protease selama proses fermentasi berlangsung. Enzim protease dapat mendegradasi zat antinutrisi protein yang terdapat pada bahan pakan (Sonu *et al.*, 2018). Peningkatan nilai pencernaan protein pada suplementasi pakan yang mengandung silase limbah ikan erat kaitannya dengan adanya degradasi protein, serta pembentukan peptida dan asam amino selama proses fermentasi (Dadkhodazadeh *et al.*, 2024; Pranoto *et al.*, 2013). Penambahan protease dalam ransum mampu meningkatkan pertumbuhan bobot badan (PBB) dan menurunkan FCR ayam broiler tetapi apabila penambahannya terlalu tinggi akan menurunkan performa ayam broiler (Qiu *et al.*, 2023). Penurunan nilai pencernaan protein pada penambahan MELIPF 2% diduga karena adanya penambahan enzim protease yang berlebih pada ransum. Menurut Mahardhika *et al.* (2021) dan Walkowiak *et al.*, (2003) bahwa penambahan protease yang berlebih dapat menghambat sekresi dan aktivitas enzim dalam pankreas. Pankreas bekerja dalam saluran pencernaan ayam broiler untuk mengsekresikan enzim amilase, lipase, dan protease yang berguna untuk meningkatkan pencernaan ransum seperti karbohidrat, lemak, dan protein (Kuswandi *et al.*, 2022; Rambet *et al.*, 2016). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batas penambahan MELIPF dalam ransum yaitu sebanyak 1,5% terhadap nilai pencernaan protein ransum ayam broiler, karena penambahan MELIPF 2% dapat mengganggu kinerja dari organ pencernaan pankreas yang berdampak pada rendahnya nilai pencernaan protein ransum ayam broiler.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi dalam ransum berpengaruh terhadap nilai pencernaan bahan kering, bahan organik, dan protein ransum ayam broiler. Penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi pada level penambahan 1,5% menunjukkan nilai pencernaan bahan kering, bahan organik, dan protein ransum tertinggi.

Penambahan mikrokapsul ekstrak limbah ikan patin fermentasi pada ransum ayam broiler disarankan menggunakan level penambahan sebanyak 1,5% untuk menghasilkan nilai pencernaan bahan kering, bahan organik, dan protein ransum tertinggi pada ayam broiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun, A., Akbar, H. M., Ramadhan, R. F., & Saefulhadjjar, D. (2024^a). The digestibility value of local chicken rations fed with feed containing fermented catfish waste. *Open Access Research Journal of Biology and Pharmacy*, 10(1), 001-009. <http://dx.doi.org/10.53022/oarjbp.2024.10.1.0008>.
- Abun, A., Haetami, K., Rusmana, D., & Ramdhan, R. F. (2025). Macroscopic physical properties and nutrient content in the fermentation of pangasius waste by single cultures and microbial consortiums and their potential for feed. *MicrobiologyOpen*, 14(4), e70040. <https://doi.org/10.1002/mbo3.70040>.
- Abun, Rusmana, D., Setiawan, H., Saefulhadjjar, D., & Ramdan, R. F. (2024^b). Introduksi pengolahan limbah ikan patin secara mikrobiologis dan pemanfaatannya dalam pembuatan pakan bebek peking. *Agrimasta: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3): 91-97. <https://doi.org/10.24198/agrimasta.v1i3.56055>.
- Abun, Widjastuti, T., & Haetami, K. (2022). The effect of treatment of shrimp waste with three microbial on nutrient content and digestibility of feed in native chicken. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 15(1): 619-625. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.15.1.0756>.
- Adhikari, R., Rochell, S.J., Kriseldi, R., Silva, M., Greiner, L., Williams, C., Matton, B., Anderson, A., Erf, E.F., Park, E., Haydon, K., & Lee, J. (2025). Recent advances in protein and amino acid nutritional dynamics in relation to performance, health, welfare, and cost of production. *Poultry Science*, 104(3), 104852. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104852>.
- Baena-Aristizábal, C. M., Foxwell, M., Wright, D. E., & Villamizar, L. (2019). Microencapsulation of rhizobium leguminosarum bv. trifolii with guar gum: preliminary approach using spray drying. *Journal of Biotechnology*, 302, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.06.007>.
- Beski, S.S.M., Swick, R.A., & Iji, P.A. (2015). Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Anim Nutr.*, 1(2), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.05.005>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2023). *Produksi Perikanan Budidaya Menurut Komoditas Utama (Ton)*, 2019-2020. Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- Brígida, A. I. S., Amaral, P. F. F., Coelho, M. A. Z., & Gonçalves, L. R. B. (2014). Lipase from *Yarrowia lipolytica*: Production, characterization and application as an industrial biocatalyst. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 101, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.11.016>.
- Cerrate, S., Ekmay, R., England, J.A., & Coon, C. (2019). Predicting nutrient digestibility and energy value for broilers. *Poultry Science*, 98(9), 3994-4007. <https://doi.org/10.3382/ps/pez142>.
- Chilton, S.N., Burton, J.P., & Reid, G. (2015). Inclusion of fermented foods in food guides around the

- world. *Nutriens* 7: 390-404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>.
- Dadkhodazadeh, V., Hamidi-Esfahani, Z., & Khan-Ahmadi, M. (2024). Improvement of the valuable compounds of fish waste through solid-state fermentation with probiotics. *Applied Food Research*, 4(2), 100534. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100534>.
- da Silva, J. L., Sales, M. B., de Castro Bizerra, V., Nobre, M. M. R., de Sousa Braz, A. K., da Silva Sousa, P., Cavalcante, A. L. G., Melo, R. L. F., Gonçalves De Sousa Junior, P., Neto, F. S., da Fonseca, A. M., & Santos, J. C. S. d. (2023). Lipase from *Yarrowia lipolytica*: Prospects as an Industrial Biocatalyst for Biotechnological Applications. *Fermentation*, 9(7), 581. <https://doi.org/10.3390/fermentation9070581>.
- Desalegn, T., Bacha, K., & Masi, C. (2023). The effectiveness of proteolytic bacteria isolated from effluent of Modjo tannery for their application in the leather and detergent industry. *Kuwait Journal of Science*, 50 (1):1-15. <https://doi.org/10.48129/kjs.14053>.
- Emon, D.D., Islam, M.S., Mazumder, M.A.R., Aziz, M.G., & Rahman, M.S. (2025). Recent applications of microencapsulation techniques for delivery of functional ingredient in food products: A comprehensive review. *Food Chemistry Advances*, 6, 100923. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100923>.
- Fitasari E., Reo K., Niswi N. (2016). Penggunaan kadar protein berbeda pada ayam kampung terhadap penampilan produksi dan pencernaan protein. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 26 (2): 73 – 83. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2016.026.02.10>.
- Foni, A., Lisnahan, C. V., & Nahak, O. R. (2020). Pengaruh suplementasi *L-lysine hcl* terhadap pertambahan berat badan, konsumsi pakan dan efisiensi penggunaan pakan ayam broiler. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*, 2(2): 8-16. <https://doi.org/10.32938/jtast.v2i2.582>.
- Kumar, A., Gudiukaite, R., Gricajeva, A., Sadauskas, M., Malunavicius, V., Kamyab, H., ... & Pant, D. (2020). Microbial lipolytic enzymes—promising energy-efficient biocatalysts in bioremediation. *Energy*, 192, 116674. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116674>.
- Kuswandi, W., Berliana, Nelwida, dan Nurhayati. (2022). Bobot organ pencernaan broiler yang diberi tepung kunyit (*Curcuma domestica*) dalam ransum yang mengandung *black garlic*. *Jurnal ilmu-ilmu Peternakan* 25(2): 199-214. <https://doi.org/10.22437/jiip.v25i2.19271>.
- Mahardhika, B.P., Ridla, I.M., Mutia, R., & Adli, D.N. (2021). The evaluation of protease enzyme effectiveness in broiler chicken diet containing jack bean seed (*Canavalia ensiformis*) with different protein level toward internal organ size. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 883, 012012. IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/883/1/012012>.
- Nopiani, N., Yandri, A.S., & Hadi, S. (2016). Peningkatan kestabilan enzim lipase dari *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 dengan amobilisasi menggunakan bentonit. *Jurnal Analis Kesehatan*, 5(1), 504–510. <https://doi.org/10.26630/jak.v5i1.453>.
- Nurhayati, N., Berliana, B., dan Nelwida, N. (2019). Efisiensi protein ayam broiler yang diberi ampas tahu fermentasi dengan *saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan* 22(2): 95-106. <https://doi.org/10.22437/jiip.v22i2.6725>.
- Nurilmala, M., Nurhayati, T., & Roskananda, R. (2018). Limbah industri filet ikan patin untuk hidrolisat protein. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2): 287-294. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v21i2.23083>.
- Oktaviani, I., Uthia, R., & Jannah, F. (2021). Pemanfaatan tulang ikan patin sebagai tepung tinggi kalsium di Kampung Patin, Kabupaten Kampar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 575-581. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v5i3.7055>.
- Pesti, G.M., & Choct, M. (2023). The future of feed formulation for poultry: toward more sustainable production of meat and eggs. *Animal Nutrition*, 15, 71-87. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.02.013>.
- Pokoo-Aikins, A., Timmons, J.R., Min, B.R., Lee, W.R., Mwangi, S.N., & Chen, C. (2021). Effects of feeding varying levels of dl-methionine on live performance and yield of broiler chickens. *Animals (Basel)*, 11(10), 2839. <https://doi.org/10.3390/ani11102839>.
- Pranoto, Y., Anggrahini, S., & Efendi, Z. (2013). Effect of natural and *Lactobacillus plantarum* fermentation on in-vitro protein and starch digestibilities of sorghum flour. *Food Biosci*, 2:46–52. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.04.001>.
- Predescu, N. C., Stefan, G., Rosu, M. P., & Papuc, C. (2024). Fermented feed in broiler diets reduces the antinutritional factors, improves productive performances and modulates gut microbiome—A review. *Agriculture*, 14(10), 1752. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101752>.
- Qiu, K., Chen, J., Zhang, G., Chang, W., Zheng, A., Cai, H., Liu, G., & Chen, Z. (2023). Effects of dietary crude protein and protease levels on performance, immunity capacity, and AA digestibility of broilers. *Agriculture (Switzerland)*, 13(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030703>.
- Rambet, V., Umboh, J. F., Tulung, Y. L. R., & Kowel, Y. H. S. (2016). Kecernaan protein dan energi ransum broiler yang menggunakan tepung maggots (*hermetia illucens*) sebagai pengganti tepung ikan. *Zootek* 36(1): 13-22. <https://doi.org/10.35792/zot.36.1.2016.9314>.
- <https://doi.org/10.30598/ajitt.2025.13.2.157-166>

- Ratnasari, R., Sarengat W., dan Setiadi, A. (2015). Analisis pendapatan ayam broiler pada sistem kemitraan di Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang. *Animal Agriculture Journal*, 4(1), 47-53. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/aaj/article/view/8474>.
- Ravindran, V., & Abdollahi, M.R. (2021). Nutrition and digestive physiology of the broiler chick: state of the art and outlook. *Animals (Basel)*, 11(10), 2795. <https://doi.org/10.3390/ani11102795>.
- Regar, M. N., & Kowel, Y. H. S. (2021). Kecernaan ransum broiler yang mengandung kombinasi kunyit, bawang putih dengan mineral zink. *Zootec*, 41(1), 311–316. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/zootek/article/view/33862>.
- Riza, S., Ismail, & Syahrul. (2017). Peningkatan nilai tambah limbah ikan patin sebagai bahan pangan dan pakan. *IPTEKIN Jurnal Kebijakan Pembangunan dan Inovasi*, 3(1): 36-49. <https://jurnal.riau.go.id/iptekin/article/view/23>.
- Rompas, R., Tulung, B., Mandey, J.S., & Regar, M. (2016). Penggunaan eceng gondok (eichhornia crassipes) terfermentasi dalam ransum itik terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik. *Jurnal Zootek* 36(2): 372-378. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/zootek/article/view/12539>.
- Rosida, D.F., Djajati, S., & Susanti, F.S. (2020). Production of Maltodextrin from Cocoyams (Xanthosoma Sagittifolium) Starch Using A-Amylase Enzyme. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569, 042052. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042052>.
- Satmah, A., Nurhaeni, Hardi, J., dan Indriani. Produksi maltodekstrin secara enzimatik dengan menggunakan berbagai massa pati biji durian (durio zibethinus murr.). *Fullerene Journal of Chemistry* 6(2), 76–80. <https://doi.org/10.37033/fjc.v6i2.261>.
- Saelan, E., & Nurdin, A. S. (2019). Uji Kimia tepung daun kersen (*Muntingia calabura*) dan implementasinya dalam ransum ayam broiler terhadap nilai pencernaan. *Jurnal Ilmu Ternak, Desember*, 19(2), 24–28. <https://doi.org/10.24198/jit.v19i2.24810>.
- Shabani, A., Jazi, V., Ashayerizadeh, A., and Barekatin, R. (2019). Inclusion of fish waste silage in broiler diets affects gut microflora, cecal short-chain fatty acids, digestive enzyme activity, nutrient digestibility, and excreta gas emission. *Poultry Science*, 98, 4909-4918. <https://doi.org/10.3382/ps/pez244>.
- Sharifuzzaman, M., Mun, H., Ampode, K.M.B., Lagua, E.B., Park, H., Kim, Y., Hasan, M.K., & Yang, C. (2025). Optimizing broiler growth, health, and meat quality with citric acid- assessing the optimal dose and environmental impact: Citric acid in Broiler Health and Production. *Poultry Science*, 104(2), 104668. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104668>.
- Sklan, D., dan S. Huwartz. 1980. Protein digestion and absorption in young chick and turkey. *Journal Nutrition*, 110: 139-144. <https://doi.org/10.1093/jn/110.1.139>.
- Son, D. K., Lisnahan, C. V., & Nahak, O. R. (2020). The effect of dl-methionine supplementation on body weight gain, feed consumption and feed efficiency of broilers. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*, 2(2), 37–44. <https://doi.org/10.32938/jtast.v2i2.583>.
- Sonu, S. Sihag, Z.S., Ahlawat, P.K., & Dalal, R. (2018). Effect of protease enzyme on the growth performance and carcass traits of broilers fed with DDGS supplemented diet. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 7, 2713–2719. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.314>.
- Sugiharto, S., & Ranjitkar, S. (2019). Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: A review. *Animal nutrition*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.11.001>.
- Sun, Q., Wang, X. P., Yan, Q. J., Chen, W., & Jiang, Z. Q. (2014). Purification and characterization of a chymosin from *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(1), 174–185. <https://doi.org/10.1007/s12010-014-1044-6>.
- Teng, P., Liu, G., Choi, Y., Yadav, S., Wei, F., & Kim, W.K. (2023). Effects of levels of methionine supplementations in forms of L- or DL-methionine on the performance, intestinal development, immune response, and antioxidant system in broilers challenged with *Eimeria* spp. *Poultry Science*, 102(5), 102586. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102586>.
- Todo, M. A., Botton, V., Altheia, F. M., Thomas, J. C., Piovan, L., Córdova, J., Mitchell, D. A., & Krieger, N. (2021). Fermented solids that contain lipases produced by *Rhizopus microsporus* have an S-enantiopreference in the resolution of secondary alcohols. *Biochemical Engineering Journal*, 165, 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107817>.
- Usman, Fitria, R., dan Hindratiningrum, N. (2023). Kandungan bahan kering dan bahan organik amofer jerami padi menggunakan starter mol berbasis limbah. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Agribisnis Peternakan X*. Fakultas Peternakan Universitas Jendral Soedirman: 249-254.
- Van Soest, P.J., & Robertson, J.B. (1985) Methods of analysis of dietary neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3585-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

- Walkowiak, J., Witmanowski, H., Strzykala, K., Bychowiec, B., Songin, T., Borski, K., and Herzig, K. H., (2003). Inhibition of endogenous pancreatic enzyme secretion by oral pancreatic enzyme treatment. *Eur. J. Clin. Investig.*, 33, 65–69. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2362.2003.01077.x>.
- Wenda, N., Wolayan, F. R., Untu, I. M., dan Liwe, H. (2020). Kecernaan bahan kering dan bahan organik kulit pisang raja terfermentasi dengan rhizopus oligosporus dalam ransum ayam broiler. *Zootec* 40 (1) : 134 – 142. <https://doi.org/10.35792/zot.40.1.2020.26923>.
- Wibawa, A. A. P., & Sumadi, D. I. K. (2019). Pengaruh penggunaan campuran asam amino esensial pada ransum dasar jagung-pollard terhadap performa babi bali. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 22, 104–107. <https://doi.org/10.24843/MIP.2019.v22.i03.p02>.
- Wieczorek, D., Miśkiewicz, K., Gendaszewska, D., Pipiak, P., Lasoń-Rydel, M., Sieczyńska, K., & Ławińska, K. (2023). Extracellular activity of proteases from *Yarrowia lipolytica* IPS21 as a function of the carbon and nitrogen source. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 31(5), 66–74. <https://doi.org/10.2478/ftce-2023-0046>.
- Wierzchowska, K., Szulc, K., Zieniuk, B., & Fabiszewska, A. (2025). Bioconversion of liquid and solid lipid waste by *Yarrowia lipolytica* yeast: A study of extracellular lipase biosynthesis and microbial lipid production. *Molecules*, 30(4), 959. <https://doi.org/10.3390/molecules30040959>.
- Yaman, M.A., Nasution, U., Allaily, Daud, M., & Zulfan. (2022). Increase in body weight and protein retention on meat chicken due to the addition of probiotics and digestive enzymes in fermented diet containing maggot flour and local materials. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 951, 012107. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/951/1/012107>.

Available online at journal homepage: <http://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agrinal>