

Perubahan Histologi Ginjal, Hati, dan Profil Protein Serum Broiler setelah Pemberian Imbuan Pakan Serbuk Maggot

Renal, Hepatic and Serum Protein Changes after Maggot Powder Feed Additive in Broilers

Herawati¹, Hilma Zulia Faiza¹, Yohana Angelya Sihombing¹, Krestel Joy V. Isla², Fajar Shodiq Permata^{1*}

¹Pendidikan Dokter Hewan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya, Indonesia

²College of Veterinary Medicine, Tarlac Agricultural University, Philippines

*Alamat Email: drh.fajar@ub.ac.id

ABSTRAK

Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan sumber protein alternatif yang berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan pakan (feed additive) pada ayam broiler. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian tepung maggot terhadap perubahan histologi ginjal dan hati serta profil protein serum ayam broiler. Sebanyak 100 ekor DOC dibagi ke dalam lima kelompok, yaitu kontrol tanpa maggot dan perlakuan dengan tepung maggot 5%, 10%, 15%, dan 20%. Sampel organ dan serum dikumpulkan pada akhir fase starter dan finisher. Preparat ginjal dan hati dibuat menggunakan pewarnaan Hematoksin-Eosin untuk mengukur diameter glomerulus dan lebar sinusoid, sedangkan analisis protein serum dilakukan menggunakan SDS-PAGE. Hasil menunjukkan bahwa suplementasi tepung maggot menyebabkan peningkatan ukuran glomerulus ginjal dan pelebaran sinusoid hati dibandingkan kontrol, dengan perubahan terbesar pada level 20%. Analisis SDS-PAGE juga menunjukkan peningkatan jumlah pita protein serum pada kelompok perlakuan, terutama pada level 5% dan 20%, yang menandakan perubahan komposisi protein plasma. Berdasarkan keseluruhan temuan, tepung maggot dapat digunakan sebagai tambahan pakan karena mampu memengaruhi respons fisiologis broiler melalui peningkatan aktivitas metabolik tanpa menunjukkan indikasi kerusakan organ yang berat. Namun, diperlukan kajian lanjutan untuk menentukan batas level pemberian yang paling aman dan optimal dalam jangka panjang.

Kata Kunci: Ayam broiler; histologi; imbuan pakan; serbuk maggot; serum protein,

ABSTRACT

Black Soldier Fly (BSF) maggot powder is increasingly explored as an alternative protein source and potential feed additive in broiler nutrition. This study aimed to evaluate the effects of dietary BSF maggot powder on renal and hepatic histological changes as well as serum protein profiles in broiler chickens. A total of 100 day-old chicks were assigned to five groups: a control without maggot supplementation and four treatment groups receiving 5%, 10%, 15%, and 20% maggot powder. Samples of kidney, liver, and serum were collected at the end of the starter and finisher phases. Kidney and liver tissues were processed using Hematoxylin-Eosin staining to measure glomerular diameter and sinusoidal width, while serum protein profiles were analyzed using SDS-PAGE. The results showed that maggot supplementation increased glomerular diameter and sinusoidal width across all treatment groups, with the greatest changes observed at the 20% level. SDS-PAGE analysis revealed a higher number of serum protein bands in the maggot-supplemented groups, particularly at 5% and 20%, indicating alterations in plasma protein composition. Overall, BSF maggot powder can be used as a feed additive, as it induces physiological metabolic responses without evidence of severe organ damage. Further studies are needed to determine the most optimal and safe supplementation levels for long-term use.

Keywords: Broiler chickens, Feed additive, Histology, Maggot powder, Serum protein

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan pakan alternatif menjadi salah satu solusi strategis dalam mengatasi tingginya biaya produksi pada usaha peternakan unggas (Vlaicu et al., 2024). Salah satu sumber protein hewani yang semakin banyak diteliti adalah larva Black Soldier Fly (BSF) atau maggot (*Hermetia illucens*), karena memiliki kandungan protein yang tinggi, mudah dibudidayakan, serta berpotensi menggantikan serbuk ikan maupun sumber protein konvensional lainnya (Lu et al., 2022). Berbagai laporan menunjukkan bahwa serbuk maggot mengandung protein sebesar 40–55%, lipid moderat, serta karbohidrat dan asam amino esensial yang mendukung pertumbuhan ayam broiler (Salahuddin et al., 2024). Meskipun potensial, penggunaan serbuk maggot dalam level tertentu perlu

dievaluasi dari aspek keamanan biologis, terutama terkait dampaknya terhadap organ metabolik penting seperti ginjal dan hati.

Ginjal dan hati merupakan organ yang sangat sensitif terhadap perubahan keseimbangan nutrisi dan peningkatan beban metabolik (Scurt et al., 2024). Ginjal berperan dalam filtrasi metabolit serta pengaturan keseimbangan cairan dan elektrolit (Deabes & Essa, 2024), sedangkan hati berfungsi dalam detoksifikasi, metabolisme protein, dan sintesis komponen plasma (Casotti & D'Antiga, 2019). Asupan protein yang meningkat atau perubahan kualitas nutrisi pakan dapat memengaruhi aktivitas kedua organ ini, mulai dari adaptasi fisiologis hingga terjadinya perubahan struktural (Caimi et al., 2020). Oleh karena itu, pemeriksaan histologi ginjal dan hati merupakan parameter penting untuk menilai potensi toksisitas atau perubahan morfologi akibat pemberian serbuk maggot (Ślizewska et al., 2019).

Selain fungsi organ, profil protein serum juga merupakan indikator penting dalam menilai status kesehatan ayam broiler (Tothova et al., 2019). Teknik elektroforesis dengan **Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis** (SDS-PAGE) memungkinkan identifikasi perubahan pita protein yang berkaitan dengan respon imun, inflamasi, atau perubahan metabolisme (Permata et al., 2026). Peningkatan pita dengan berat molekul tertentu dapat mengindikasikan aktivasi sistem imun, seperti meningkatnya imunoglobulin atau protein fase akut (Xie et al., 2001). Sebaliknya, penurunan pita tertentu dapat terkait dengan gangguan fungsi hati atau ginjal (Hashem et al., 2022). Dengan demikian, analisis profil protein serum memberikan gambaran komprehensif mengenai respons fisiologis tubuh terhadap suplementasi serbuk maggot.

Penelitian terdahulu oleh penulis telah membuktikan bahwa serbuk maggot BSF mampu meningkatkan bobot badan dan palatabilitas ayam broiler terutama pada level suplementasi 5% dan 10% (Herawati & Permata, 2023). Efek positif tersebut diduga berhubungan dengan kandungan nutrisi dan enzim pencernaan alami seperti carboxypeptidase, leucine aminopeptidase, collagenase, serta serin protease, yang berperan dalam mempercepat degradasi makronutrien dan meningkatkan ketersediaan nutrisi (Herawati & Permata, 2023). Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya berfokus pada parameter performa, sehingga belum mengevaluasi dampak suplementasi serbuk maggot terhadap kesehatan organ metabolik maupun profil protein serum. Temuan bahwa dosis tinggi (15–20%) menyebabkan fluktuasi palatabilitas dan kecenderungan penurunan performans mengindikasikan potensi ketidakseimbangan metabolik atau peningkatan beban fisiologis yang perlu dikaji lebih lanjut.

Kesenjangan informasi mengenai bagaimana level serbuk maggot tertentu dapat memengaruhi integritas jaringan ginjal, hati, serta perubahan profil protein serum menjadikan penelitian lanjutan ini penting dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan histologi ginjal, hati, dan profil protein serum ayam broiler setelah pemberian serbuk maggot dalam berbagai level. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar ilmiah mengenai keamanan biologis, respon metabolik, serta potensi respon imun atau inflamasi akibat penggunaan serbuk maggot sebagai bahan pakan alternatif yang berkelanjutan.

METODE

1. Desain Penelitian dan Pemeliharaan Ayam

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan ayam broiler strain Lohmann MB 202 Platinum dari PT JAPFA Comfeed Indonesia, Tbk. Sebanyak 100 ekor *Day Old Chick* (DOC) dibagi ke dalam lima kelompok perlakuan, yaitu P1 sebagai kontrol negatif (pakan

komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%). Setiap kelompok terdiri dari 20 ekor ayam yang selanjutnya dipisahkan untuk fase starter dan finisher (Herawati & Permata, 2023). Pemberian perlakuan serbuk maggot dimulai pada hari ke-8 hingga hari ke-30 pemeliharaan. Percobaan dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 20 blok. Tiap blok diisi DOC sebanyak 5 ekor secara acak dan diukur berat badan awal untuk mengontrol variasi awal. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 blok dengan tiap blok berisi 5 DOC (total 100 ekor). Setiap 2 blok mewakili fase starter dan finisher sehingga jumlah sampel untuk masing-masing tahapan starter dan finisher adalah 50 ekor DOC.

Pemeliharaan dilaksanakan di kandang ayam di daerah Babatan, Tegalondo, Kec. Karangploso, Malang, Jawa Timur, Indonesia pada bulan Juli 2022. Pemeliharaan DOC dari umur 1 hari hingga 30 hari dilaksanakan secara metode pemeliharaan standard menggunakan kandang *semi-closed house* atau postal dengan litter sekam serta dilengkapi pemanas, tempat pakan, dan nipple drinker. DOC ayam broiler dipelihara selama 30 hari pada kandang postal/box dengan litter serbuk padi/sekam setebal $\pm 3-5$ cm. Suhu awal (brooding) di area tempat tidur dijaga pada $32-34^{\circ}\text{C}$ selama 3 hari pertama, kemudian diturunkan bertahap $2-3^{\circ}\text{C}$ setiap minggunya hingga mencapai sekitar 24°C pada akhir periode (hari ke-28-30). Penerangan diberikan intensif pada masa awal untuk mendorong makan dan minum (contoh: 23 jam terang : 1 jam gelap selama 3 hari pertama), kemudian diatur menjadi 18 jam terang : 6 jam gelap untuk sisa periode pemeliharaan. Ventilasi dijaga agar kondisi kandang tetap berventilasi baik tanpa adanya aliran angin dingin langsung mengenai DOC; kelembapan relatif dipertahankan pada kisaran 50-70% (Hamiyanti et al., 2023).

Ayam diberikan pakan komersial BR-1 dari PT JAPFA Comfeed Indonesia Tbk dan air minum secara ad libitum. Komposisi nutrisi pakan berupa protein kasar 21-23%, kadar air maksimal 12%, serat kasar maksimal 5%, abu maksimal 7%, kalsium 0.8-1.1% dan phosphor minimum 0,5%. Pemberian serbuk maggot dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk maggot sesuai level perlakuan ke dalam pakan setiap hari. Jumlah pakan yang diberikan sesuai pedoman PT JAPFA Comfeed Indonesia Tbk. Fase starter diamati hingga hari ke-17, sedangkan fase finisher diamati hingga hari ke-30 (Herawati & Permata, 2023). Penelitian ini juga telah disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Universitas Brawijaya dengan no sertifikat No.118-KEP-UB-2023.

2. Pengambilan Sampel Organ

Pada akhir masing-masing fase, ayam didekapitasi dan dilakukan nekropsi untuk pengambilan ginjal dan hati. Organ disimpan dalam larutan formalin 10% sebagai fiksatif untuk mencegah degradasi jaringan (Permata, Wardhana, et al., 2025). Organ yang telah difiksasi kemudian diproses melalui tahapan histologi meliputi trimming, dehidrasi bertingkat, clearing, infiltrasi parafin, embedding, pemotongan dengan mikrotom pada ketebalan $5\ \mu\text{m}$, dan pewarnaan Hematoxylin-Eosin (HE) (Permata, Amri, et al., 2025).

3. Pemeriksaan Histologi dan Histomorfometri

Preparat ginjal dan hati diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran $100\times$. Parameter yang diamati pada ginjal adalah diameter glomerulus, sedangkan pada hati adalah lebar sinusoid hepatik (Marraskuranto et al., 2025). Pengukuran dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ pada lima lapang pandang berbeda untuk tiap sampel (Permata et al., 2012).

4. Elektroforesis Protein Serum dengan SDS-PAGE

Sampel serum dikumpulkan dari darah vena pectoralis menggunakan tabung tanpa antikoagulan, kemudian disentrifugasi untuk mendapatkan serum jernih. Preparasi sampel

dilakukan menggunakan buffer sampel, lalu dipanaskan 5 menit pada suhu 100°C untuk denaturasi protein. SDS-PAGE dilakukan menggunakan gel poliakrilamida 12% untuk stacking gel dan 100 volt selama 90 menit untuk 5% resolving gel. Gel yang terbentuk diwarnai menggunakan larutan pewarna Commasie blue, lalu dilakukan proses destaining hingga pita protein terlihat jelas. Berat molekul protein ditentukan menggunakan marker standar dengan rentang 4,6–180 kDa. Pembacaan pita dilakukan menggunakan mesin pemindai gel.

5. Analisis Data

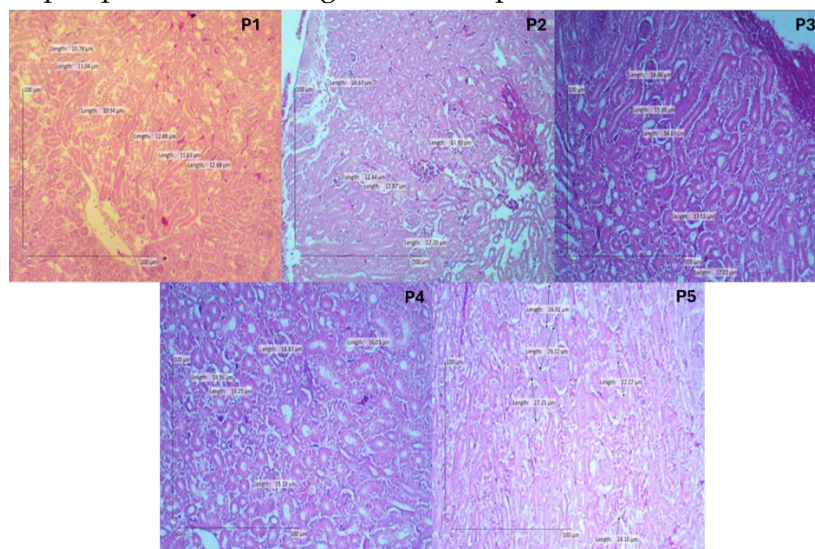
Data histomorfometri dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA satu arah dengan taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, kemudian dilanjutkan dengan uji Tukey apabila terdapat perbedaan nyata (Permata et al., 2024). Data hasil SDS-PAGE dianalisis secara deskriptif berdasarkan jumlah pita protein, variasi berat molekul, dan perbedaan pola ekspresi antar kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada ginjal, kelompok kontrol (P1) memiliki diameter glomerulus terkecil pada fase starter dan finisher (Gambar 1 dan 2). Peningkatan diameter glomerulus tampak pada kelompok P2 hingga P5 (Tabel 1), dengan nilai tertinggi pada kelompok P5 (20% maggot) dan menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok ($p < 0.05$) pada kedua fase.

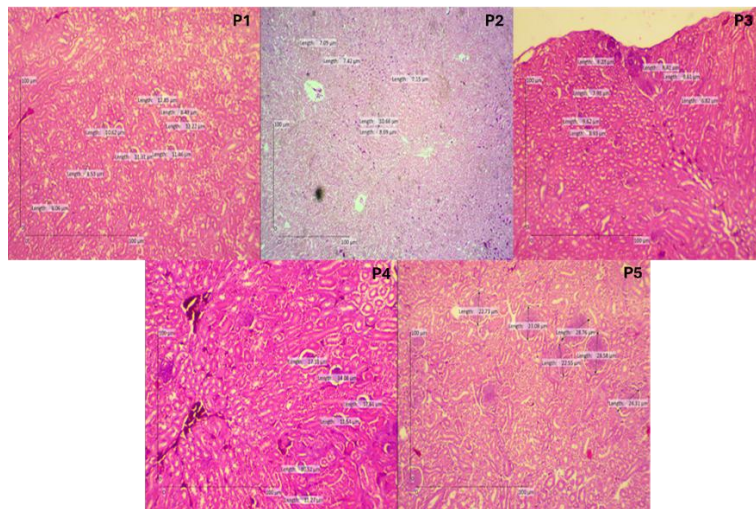
Pada hati, pelebaran sinusoid terlihat semakin meningkat pada kelompok perlakuan dibandingkan kontrol, yang terlihat jelas pada Gambar 3 dan 4. Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kelompok P5 memiliki sinusoid terlebar pada fase starter dan finisher. Perbedaan antar kelompok juga terbukti signifikan ($p < 0.05$).

Profil protein serum hasil elektroforesis SDS-PAGE untuk fase starter dan finisher disajikan pada Gambar 5 dengan rekap jumlah pita protein pada masing-masing kelompok ditampilkan pada Tabel 2. Secara umum, kelompok kontrol (P1) memiliki jumlah pita protein paling sedikit, yaitu lima pita pada fase starter dan enam pita pada fase finisher. Kelompok perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah pita protein dibandingkan kontrol pada kedua fase.

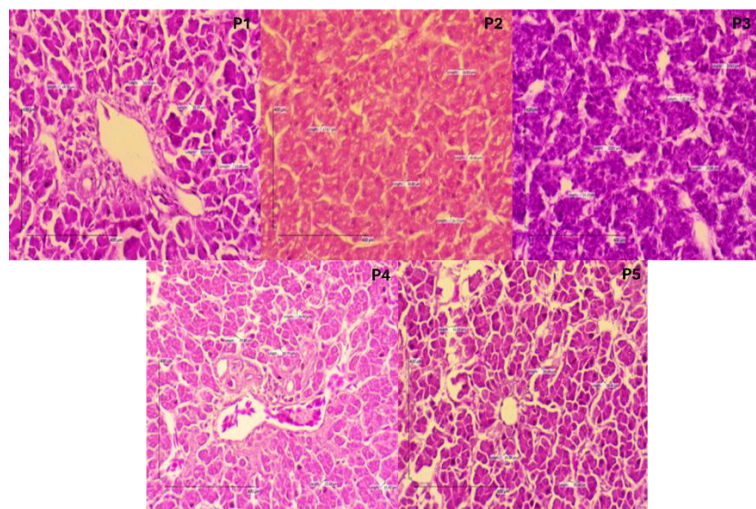


Gambar 1. Perbandingan histologi ginjal pada fase starter antar kelompok. P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%).

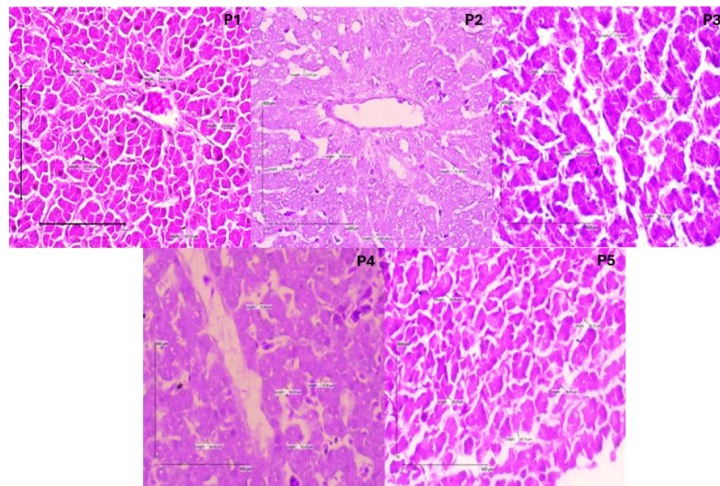
Pewarnaan Hematoxylin-Eosin, 100x.



Gambar 2. Perbandingan histologi ginjal pada fase finisher antar kelompok. P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%). Pewarnaan Hematoxylin-Eosin, 100x.



Gambar 3. Perbandingan histologi hepar pada fase starter antar kelompok. P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%). Pewarnaan Hematoxylin-Eosin, 100x.



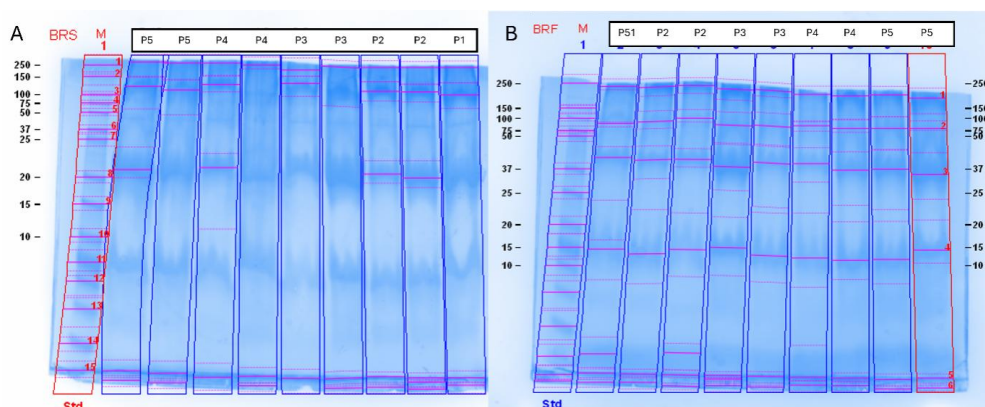
Gambar 4. Perbandingan histologi hepar pada fase finisher antar kelompok. P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%). Pewarnaan Hematoxylin-Eosin, 100x.

Tabel 1. Rerata lebar glomerulus ginjal dan sinusoid hati fase strater dan finisher antar kelompok

Kelompok	Lebar glomerulus ginjal ± SD (µm)		Lebar sinusoid hati ± SD (µm)	
	Starter	Finisher	Starter	Finisher
P1	12,32 ± 3,25 ^a	9,54 ± 1,68 ^a	15,02 ± 1,41 ^a	16,03 ± 1,61 ^a
P2	16,03 ± 3,96 ^b	11,35 ± 2,59 ^{ab}	18,02 ± 1,24 ^b	22,82 ± 2,98 ^b
P3	16,48 ± 3,29 ^b	13,35 ± 2,36 ^b	23,27 ± 2,08 ^c	24,48 ± 1,78 ^b
P4	17,09 ± 2,32 ^b	16,17 ± 3,61 ^c	25,86 ± 2,09 ^d	30,18 ± 2,62 ^c
P5	23,89 ± 5,08 ^c	21,16 ± 6,26 ^d	30,15 ± 2,30 ^e	36,46 ± 1,71 ^d

Perbedaan notasi *superscript* (a,b,c) menunjukkan perbedaan yang signifikan (p<0.05).

P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%).



Gambar 5. Hasil Protein serum dengan SDS Page antar kelompok. A. Fase starter., B. Fase finisher. P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%).

Pada fase starter, jumlah pita terbanyak terdapat pada kelompok P5 (13 pita), diikuti P2 (11 pita), P4 (9 pita), dan P3 (8 pita). Pada fase finisher, jumlah pita terbanyak terdapat pada kelompok P2 dan P5 (10 pita), diikuti P4 (9 pita) dan P3 (8 pita). Pita protein terdeteksi pada kisaran berat molekul 5–245 kDa sesuai marker standar yang digunakan.

Peningkatan diameter glomerulus pada fase starter dan finisher menunjukkan adanya respon fisiologis ginjal terhadap suplementasi tepung maggot. Pemberian maggot pada level 5–20% menyebabkan glomerulus tampak lebih melebar dibandingkan kontrol, dengan nilai tertinggi pada kelompok P5. Peningkatan ukuran glomerulus dapat berkaitan dengan meningkatnya beban filtrasi akibat tingginya kandungan protein dan komponen bioaktif dalam maggot yang harus dimetabolisme oleh ginjal (Mat et al., 2022). Respons ini juga dapat mencerminkan adaptasi tubular terhadap peningkatan ekskresi metabolit nitrogen (Schrijvers et al., 2002). Temuan bahwa kedua fase (starter dan finisher) menunjukkan pola yang serupa menandakan bahwa perubahan glomerulus bersifat konsisten sepanjang periode pertumbuhan broiler. Namun demikian, pelebaran glomerulus dalam kisaran tertentu tetap dianggap sebagai respon adaptif dan belum tentu menunjukkan kerusakan patologis (Tobar et al., 2013).

Tabel 2. Perbandingan pita protein serum hasil SDS PAGE antar kelompok

Kelompok	Starter		Finisher	
	Jumlah pita protein	Kisaran Berat Molekul (kDa)	Jumlah pita protein	Kisaran Berat Molekul (kDa)
P1	5	6.9 – 177	6	5.3 – 245
P2	11	6.2 – 189.5	10	5.5 – 245
P3	8	5.5 – 219.2	8	5 – 245
P4	9	5.5 – 213.6	9	5 – 245
P5	13	8.1 – 206.4	10	5 – 245

P1 sebagai kontrol negatif (pakan komersial tanpa tambahan maggot), P2 (pakan komersial + serbuk maggot 5%), P3 (pakan komersial + serbuk maggot 10%), P4 (pakan komersial + serbuk maggot 15%), dan P5 (pakan komersial + serbuk maggot 20%).

Pelebaran sinusoid hati yang terjadi pada kelompok perlakuan mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas metabolik hepatosit terhadap komponen pakan berbasis maggot. Kandungan protein tinggi, lipid, serta enzim pencernaan alami pada maggot dapat meningkatkan aliran darah portal dan aktivitas metabolisme hepatic sehingga memengaruhi diameter sinusoid (Marraskuranto et al., 2025). Pada fase starter, perubahan sinusoid tampak lebih cepat muncul, sejalan dengan kebutuhan metabolik tinggi pada periode pertumbuhan awal broiler. Pada fase finisher, pola pelebaran tetap terlihat, menunjukkan bahwa adaptasi hepatic berlangsung berkelanjutan hingga akhir pemeliharaan. Sinusoid yang melebar pada kelompok P4 dan P5 dapat mengindikasikan peningkatan pemrosesan nutrisi atau respon kompensasi terhadap beban metabolik pakan tinggi protein (Marraskuranto et al., 2025).

Hasil SDS-PAGE menunjukkan peningkatan jumlah pita protein pada kelompok perlakuan baik pada fase starter maupun finisher. Peningkatan jumlah pita protein pada kelompok P2–P5 mengindikasikan adanya perubahan komposisi atau ekspresi protein serum, yang dapat mencerminkan respon imun, aktivitas metabolik, atau peningkatan sintesis protein plasma (Gao et al., 2023). Pita protein berukuran tinggi (180–245 kDa) diduga berhubungan dengan imunoglobulin atau kompleks protein globulin (Jiang et al., 2022), sementara pita di kisaran 60–70 kDa kemungkinan mencerminkan albumin serum yang meningkat seiring naiknya asupan protein

pakan (Tothova et al., 2019). Peningkatan pita berukuran kecil (5–15 kDa) pada kelompok perlakuan, terutama P5, dapat menggambarkan fragmentasi protein atau peningkatan peptida bioaktif yang sering muncul pada kondisi peningkatan metabolisme (El-Fakhrany et al., 2025). Secara umum, SDS-PAGE mengkonfirmasi bahwa suplementasi maggot memengaruhi status protein serum broiler.

Hubungan antara perubahan histologi organ dengan profil protein serum terlihat dari kecenderungan peningkatan metabolisme yang terjadi akibat pemberian tepung maggot. Pelebaran glomerulus dan sinusoid dapat mengindikasikan peningkatan aliran darah dan filtrasi, yang selaras dengan meningkatnya ekspresi protein serum yang terdeteksi melalui SDS-PAGE pada kelompok perlakuan. Kandungan protein dan enzim dalam maggot mempercepat proses pencernaan dan penyerapan nutrisi, sehingga tubuh merespons dengan peningkatan sintesis protein serum, termasuk albumin, globulin, dan protein fase akut (Gao et al., 2023). Kondisi ini membutuhkan kinerja hepatic dan renal yang lebih tinggi untuk pemrosesan metabolit, yang secara histologis tercermin dalam pelebaran sinusoid dan glomerulus (Marraskuranto et al., 2025). Oleh karena itu, hasil SDS-PAGE dan histologi saling mendukung dalam menggambarkan respons adaptif tubuh terhadap pakan berbasis maggot.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Jumlah sampel SDS-PAGE per kelompok yang terbatas dapat memengaruhi variasi jumlah pita yang terdeteksi. Selain itu, teknik SDS-PAGE hanya memberikan gambaran semi-kuantitatif sehingga tidak dapat mengkonfirmasi jenis protein secara spesifik tanpa analisis lanjutan seperti *Western blot* atau Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). Pemeriksaan histologi juga hanya menilai perubahan morfologi tanpa analisis biokimia jaringan yang lebih mendalam. Selain itu, durasi pemeliharaan relatif singkat sehingga belum menggambarkan efek jangka panjang suplementasi tepung maggot terhadap fungsi ginjal dan hati. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil.

Secara keseluruhan, suplementasi tepung maggot dari 5% hingga 20% menunjukkan adanya perubahan pada histologi ginjal dan hati berupa pelebaran glomerulus dan sinusoid yang bersifat konsisten pada fase starter maupun finisher. Profil protein serum juga mengalami peningkatan jumlah pita, yang menandakan adanya perubahan metabolik dan kemungkinan aktivasi komponen protein plasma. Kedua temuan ini menunjukkan bahwa pakan berbasis maggot memengaruhi respons fisiologis broiler, terutama pada organ metabolik utama dan status protein serum. Namun, perubahan yang terdeteksi masih berada pada batas fisiologis yang dapat dianggap sebagai adaptasi terhadap peningkatan beban nutrisi (Gao et al., 2023).

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi jenis protein spesifik yang mengalami perubahan melalui metode molekuler seperti *Western blot*, HPLC, atau proteomik mass spectrometry. Selain itu, diperlukan penelitian jangka panjang untuk mengevaluasi apakah perubahan histologi organ bersifat reversibel atau progresif. Studi mengenai biomarker inflamasi, status oksidatif, dan respons imun juga sangat penting untuk memahami mekanisme yang mendasari perubahan profil protein serum (Menzel et al., 2021) dapat memberi gambaran lebih lengkap mengenai keamanan suplementasi tepung maggot pada unggas.

PENUTUP

Kesimpulan

Suplementasi tepung maggot pada broiler menyebabkan perubahan ukuran glomerulus ginjal dan sinusoid hati, serta meningkatkan jumlah pita protein serum pada fase starter dan finisher. Perubahan tersebut menunjukkan adanya respons fisiologis terhadap peningkatan beban

nutrisi, namun masih berada dalam batas adaptasi normal ayam broiler. Berdasarkan tersebut, penambahan serbuk maggot dapat dipertimbangkan sebanyak 5% dari total pakan harian untuk ayam broiler hingga fase starter dan fase finisher dikarenakan apabila melebihi 5% akan mempengaruhi fisiologi hati dan ginjal dan produksi protein serum ayam broiler.

Saran

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi jenis protein yang berubah, mengevaluasi efek jangka panjang terhadap fungsi organ, serta menentukan level tepung maggot yang paling aman dan efektif untuk digunakan dalam pakan broiler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya atas dukungan pendanaan penelitian ini melalui Hibah Penelitian DPP SPP FKH UB tahun 2023 dengan no kontrak 1457/UN10.F13/TU/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Caimi, C., Gasco, L., Biasato, I., Malfatto, V., Varello, K., Prearo, M., Pastorino, P., Bona, M. C., Francese, D. R., Schiavone, A., Elia, A. C., Dörr, A. J. M., & Gai, F. (2020). Could Dietary Black Soldier Fly Meal Inclusion Affect the Liver and Intestinal Histological Traits and the Oxidative Stress Biomarkers of Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) Juveniles? *Animals*, 10(1), 155. <https://doi.org/10.3390/ani10010155>
- Casotti, V., & D'Antiga, L. (2019). Basic Principles of Liver Physiology. In L. D'Antiga (Ed.), *Pediatric Hepatology and Liver Transplantation* (pp. 21–39). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96400-3_2
- Deabes, A. A., & Essa, A. (2024). Fluid and electrolyte imbalance in renal dysfunction. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 25(5), 316–319. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2024.03.006>
- El-Fakhrany, H. H., Ibrahim, Z. A., Ashour, E. A., & Alagawany, M. (2025). The impact of in ovo injection of cluster bean peptide on hatchability, growth performance, carcass characteristics, digestive enzymes, and blood indices of broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 21(1), 200. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04636-9>
- Gao, S., Zhang, Q., Liu, C., Shen, H., & Wang, J. (2023). Effects of maggot antimicrobial peptides on growth performance, immune function, and cecal flora of yellow-feathered broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1156964. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1156964>
- Hamiyanti, A. A., Nurgiartiningsih, V. M. A., Muharliem, M., & Suyadi, S. (2023). Production Performance of the Broiler Under Open, Semi-closed, and Closed House Systems During Rainy Season. In E. Widodo, V. D. Ton, R. Tian, N. Man, & M. Mashudi (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Environmentally Sustainable Animal Industry 2022 (ICESAI 2022)* (Vol. 28, pp. 411–419). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-116-6_51
- Hashem, M. A., Hassan, A. E. A., Abou-Elnaga, H. M. M., Abdo, W., Dahran, N., Alghamdi, A. H., & Elmahallawy, E. K. (2022). Modulatory effect of dietary probiotic and prebiotic supplementation on growth, immuno-biochemical alterations, DNA damage, and pathological changes in *E. coli*-infected broiler chicks. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 964738. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.964738>

- Herawati, & Permata, F. S. (2023). The Black Soldier Fly Maggot Powder as a Feed Additive Increased the Bodyweight and the Percentage of Palatability of Broiler Chicken. In Y. A. Yusran, F. G. M. Fitri, T. A. Wihastuti, F. A. Nugroho, & I. D. Qurbani (Eds.), *Proceedings of the 2022 Brawijaya International Conference (BIC 2022)* (Vol. 235, pp. 635–643). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-140-1_63
- Jiang, X., Mu, H., Hsieh, Y.-H. P., & Rao, Q. (2022). Isolation and Characterization of Chicken Serum Albumin (Hen Egg Alpha-Livetin, Gal d 5). *Foods*, 11(11), 1637. <https://doi.org/10.3390/foods11111637>
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, 13(9), 831. <https://doi.org/10.3390/insects13090831>
- Marraskuranto, E., Permata, F. S., Chasanah, E., Martosuyono, P., & Ariyani, F. (2025). Immunostimulatory Activity without Pathological Effects of Fish Protein Hydrolysate from *Clarias* Catfish. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 20(4), 149. <https://doi.org/10.1007/s12247-025-10049-w>
- Mat, K., Abdul Kari, Z., Rusli, N. D., Rahman, M. M., Che Harun, H., Al-Amsyar, S. M., Mohd Nor, M. F., Dawood, M. A. O., & Hassan, A. M. (2022). Effects of the inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal on growth performance and blood plasma constituents in broiler chicken (*Gallus gallus domesticus*) production. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 809–815. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.027>
- Menzel, A., Samouda, H., Dohet, F., Loap, S., Ellulu, M. S., & Bohn, T. (2021). Common and Novel Markers for Measuring Inflammation and Oxidative Stress Ex Vivo in Research and Clinical Practice—Which to Use Regarding Disease Outcomes? *Antioxidants*, 10(3), 414. <https://doi.org/10.3390/antiox10030414>
- Permata, F. S., Amri, I. A., Nurmaningdyah, A. A., Mahardika, F., Budiarto, S., Vera, A. K. E., & Yulian, B. D. (2025). Antigen Removal Enhances Host Tolerance in Sheep-derived Xenogeneic Myocardial Scaffold: Modulating Acute and Chronic Inflammatory Responses in Mice. *Regenerative Engineering and Translational Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40883-025-00417-w>
- Permata, F. S., Oktanella, Y., Raharjo, D. K. W. P., Untari, H., & Amalia, M. R. (2026). Comparative Analysis Of Protein Profile In Platelet-Rich Plasma (Prp) Derived From Goat Blood Using Different Anticoagulants: Implications For Wound Healing And Regenerative Medicine. *Journal of Experimental Zoology India*, 29(1), 777–784. <https://doi.org/10.51470/jez.2026.29.1.777>
- Permata, F. S., Paramanandi, D. A., Nobilla, N., Manalu, R. O., & Amalia, R. (2024). The Use of Triton X-100 Absolute with Variations of Immersion Time in The Decellularization Process of Intestinal and Myocardial Xenograft. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 18(2), 62–68. <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v18i2.27712>
- Permata, F. S., Susilowati, R., Dharmastiti, R., Sirat, M. M. P., & Kartikasari, P. D. (2012). Optimization of Tissue Decellularization Method Based on Macroscopic and Microscopic Observation in The Sheep Peripheral Nerves. *Jurnal Sain Veteriner*, 30(20), 61–70. <https://doi.org/10.22146/jsv.2606>

- Permata, F. S., Wardhana, A. W., Pratiwi, H., Pratama, D. A. O. A., & Mahendra, A. P. W. (2025). Biomechanical Strength and Anatomohistological Characteristics of Decellularized Bone from Goat as Bone Reconstruction Candidate. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, 46(17), 152-165. <https://doi.org/10.56557/upjz/2025/v46i175218>
- Salahuddin, M., Abdel-Wareth, A. A. A., Hiramatsu, K., Tomberlin, J. K., Luza, D., & Lohakare, J. (2024). Flight toward Sustainability in Poultry Nutrition with Black Soldier Fly Larvae. *Animals*, 14(3), 510. <https://doi.org/10.3390/ani14030510>
- Schrijvers, B. F., Rasch, R., Tilton, R. G., & Flyvbjerg, A. (2002). High protein-induced glomerular hypertrophy is vascular endothelial growth factor-dependent. *Kidney International*, 61(5), 1600-1604. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2002.00310.x>
- Scurt, F. G., Ganz, M. J., Herzog, C., Bose, K., Mertens, P. R., & Chatzikyrkou, C. (2024). Association of metabolic syndrome and chronic kidney disease. *Obesity Reviews*, 25(1), e13649. <https://doi.org/10.1111/obr.13649>
- Śliżewska, K., Cukrowska, B., Smulikowska, S., & Cielecka-Kuszyk, J. (2019). The Effect of Probiotic Supplementation on Performance and the Histopathological Changes in Liver and Kidneys in Broiler Chickens Fed Diets with Aflatoxin B1. *Toxins*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.3390/toxins11020112>
- Tobar, A., Ori, Y., Benchetrit, S., Milo, G., Herman-Edelstein, M., Zingerman, B., Lev, N., Gafter, U., & Chagnac, A. (2013). Proximal Tubular Hypertrophy and Enlarged Glomerular and Proximal Tubular Urinary Space in Obese Subjects with Proteinuria. *PLoS ONE*, 8(9), e75547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075547>
- Tothova, C., Sesztakova, E., Bielik, B., & Nagy, O. (2019). Changes of total protein and protein fractions in broiler chickens during the fattening period. *Veterinary World*, 12(4), 598-604. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.598-604>
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., & Oancea, A. G. (2024). Sustainable Poultry Feeding Strategies for Achieving Zero Hunger and Enhancing Food Quality. *Agriculture*, 14(10), 1811. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101811>
- Xie, H., Rath, N. C., Huff, G. R., Balog, J. M., & Huff, W. E. (2001). Inflammation-induced changes in serum modulate chicken macrophage function. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 80(3-4), 225-235. [https://doi.org/10.1016/S0165-2427\(01\)00260-4](https://doi.org/10.1016/S0165-2427(01)00260-4)