



Pengaruh Suplementasi Spirulina (*Arthrospira platensis*) Terhadap Produktivitas, Metabolit Serum, dan Kolesterol Daging Bebek Peking

Effect of Spirulina (Arthrospira platensis) Supplementation on Productivity, Serum Metabolite, and Meat Cholesterol in Pekin Duck

Dinda Rahmasari¹, Muhammad Wisnu Sasongko¹, Mohammad Rizky Zulfahmi¹, Aulia Arifa Abdan², Billie Daffahananditya Rohhadi¹, Moh Sofi'ul Anam^{1*}

¹ Faculty of Animal Science, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 03, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

² Faculty of Veterinary Medicine, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 02, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: m.sofiul.a@mail.ugm.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Submitted: 01 November 2023

Revised: 15 September 2024

Accepted: 20 September 2024

Published: 01 March 2025

KATA KUNCI:

Bebek Peking
Kolesterol daging
Produktivitas
Serum
Spirulina

KEYWORDS:

Meat cholesterol
Pekin duck
Productivity
Serum
Spirulina

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi spirulina (*Arthrospira platensis*) terhadap produktivitas, metabolit serum darah, dan kolesterol daging bebek peking (*Anas platyrhynchos*). Pakan bebek disuplementasi spirulina sebanyak 0%, 2%, dan 4% selama 42 hari. Masing-masing kelompok perlakuan terdiri dari lima ulangan (replikasi). Pakan basal yang digunakan adalah pakan komersial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 2% dan 4% cenderung menurunkan konsumsi pakan ($P=0,065$), namun secara signifikan meningkatkan *feed conversion ratio* dibandingkan dengan kontrol ($P<0,05$). Dosis spirulina 4% secara signifikan menurunkan kadar kolesterol daging bebek Peking dibandingkan dengan kontrol dan dosis 2% ($P<0,05$). Namun demikian, suplementasi spirulina tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap bobot badan akhir, karakteristik karkas dan non-karkas, berat organ dalam, panjang organ saluran pencernaan, maupun kadar metabolit serum darah ($P>0,05$). Kesimpulan dari penelitian ini yaitu suplementasi spirulina dengan dosis 4% dapat menurunkan kadar kolesterol daging dan meningkatkan produktivitas tanpa memberikan pengaruh terhadap kadar metabolit serum darah, karakteristik karkas dan non-karkas, maupun bobot dan panjang organ pencernaan bebek Peking.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation on the productivity, blood serum metabolites, and meat cholesterol levels of Pekin ducks (*Anas platyrhynchos*). The ducks were supplemented with spirulina at levels of 0%, 2%, and 4% for 42 days, with each treatment group consisting of five replicates. The basal diet used was a commercial feed. The results indicated that spirulina supplementation at 2% and 4% tended to decrease feed intake ($P=0.065$) but significantly improved the feed conversion ratio compared to the control group ($P<0.05$). A 4% spirulina dosage significantly reduced meat cholesterol levels in Pekin ducks compared to the control and 2% dosage ($P<0.05$). However, spirulina supplementation did not result in significant changes in final body weight, carcass and non-carcass characteristics, internal organ weights, digestive tract length, or

© 2025 The Author(s). Published by
Department of Animal Husbandry, Faculty
of Agriculture, University of Lampung in
collaboration with Indonesian Society of
Animal Science (ISAS).
This is an open access article under the CC
BY 4.0 license:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

blood serum metabolite levels ($P>0.05$). In conclusion, spirulina supplementation at a 4% dosage can reduce meat cholesterol levels and improve productivity without affecting blood serum metabolite levels, carcass and non-carcass characteristics, or the weight and length of the digestive organs in Pekin ducks

1. Pendahuluan

Konsumsi daging bebek di tingkat global telah meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir, sehingga menjadikannya sebagai salah satu sumber daging yang semakin penting (Xu *et al.*, 2023). Secara global, peningkatan konsumsi tersebut tercermin dalam total produksi yang melonjak dari 4,7 juta ton menjadi 6,2 juta ton dalam dekade terakhir (2012–2021) (FAOSTAT, 2024). Pada tahun 2021, produksi daging bebek di Indonesia mencapai 45.681 ton, dan meningkat menjadi 49.292 ton pada tahun 2022. Peningkatan produksi sebesar 3.611 ton tersebut setara dengan kenaikan sekitar 7,9% (BPS, 2024). Produksi tersebut diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya yang berkaitan erat dengan permintaan daging bebek di Indonesia. Salah satu jenis bebek yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah bebek Peking (*Anas platyrhynchos*). Bebek Peking dikenal memiliki produktivitas daging yang tinggi dan secara umum menunjukkan kinerja yang hampir setara dengan ayam broiler dalam hal pertambahan bobot badan, rasio konversi pakan, dan efisiensi penggunaan pakan (Lokapirnasari *et al.*, 2022).

Secara umum, daging bebek digemari oleh masyarakat karena rasanya yang khas, gurih, dan berbagai manfaat yang dimilikinya (Muthmainnah and Jalali, 2022). Daging bebek dikategorikan sebagai daging merah karena kandungan serat otot merahnya lebih tinggi dibandingkan dengan daging ayam atau kalkun (Shin *et al.*, 2023b). Namun demikian, daging bebek memiliki kandungan kolesterol yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging ayam dan kalkun. Sebagai unggas akuatik, bebek memiliki tingkat lipogenesis yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan energi selama migrasi panjang (Made Nuriyasa *et al.*, 2021; Quaresma *et al.*, 2024). Secara spesifik, kandungan lemak dalam daging ayam yaitu 15% dari bobot badan, sementara daging bebek mengandung lemak antara 25% hingga 30%, dan daging kalkun mengandung lemak antara 8% hingga 15%, tergantung pada usia dan jenis kelamin (Griffin *et al.*, 1992). Selain itu, daging bebek memiliki kadar lemak jenuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging hewan lainnya, seperti sapi dan babi (Shin *et al.*, 2023a). Kandungan lemak jenuh yang tinggi

berkaitan erat dengan peningkatan kandungan kolesterol daging, sehingga dapat berdampak buruk bagi konsumen (Ding *et al.*, 2021).

Asupan kolesterol yang tinggi, khususnya di atas 300 mg per hari, secara signifikan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (Kanter *et al.*, 2012). Selain itu, produk pangan yang kaya akan lemak jenuh dan kolesterol juga berkorelasi dengan munculnya kondisi kronis seperti penyakit jantung dan diabetes. Meskipun makanan hewani tinggi lemak sering dikaitkan dengan peningkatan kolesterol dan risiko penyakit seperti kardiovaskular serta obesitas (Chandrasekharan, 1999; Igl *et al.*, 2013), berbagai pendekatan inovatif mulai dikembangkan untuk menciptakan alternatif makanan yang lebih sehat. Permintaan konsumen terhadap produk makanan rendah lemak dan kolesterol terus meningkat yang menunjukkan adanya pergeseran preferensi masyarakat menuju pola makan yang lebih sehat (Ndhlala *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan strategi dan inovasi untuk mengurangi kandungan kolesterol daging bebek, salah satunya adalah dengan suplementasi pakan menggunakan Spirulina (*Arthrospira platensis*).

Spirulina, mikroalga filamen biru-hijau (*cyanobacteria*), telah diidentifikasi sebagai sumber protein alternatif yang berkelanjutan pada sektor perikanan maupun pakan ternak, dikarenakan kandungan nutriennya yang tinggi (Park *et al.*, 2018). Selain kandungan protein yang tinggi (sekitar 53-67%), spirulina juga kaya akan vitamin, mineral, senyawa bioaktif, dan fenolik (Sadid and Anam, 2024; Salgado *et al.*, 2024; Uzlasir *et al.*, 2023). Beberapa senyawa bioaktif dalam spirulina meliputi asam fenolat, flavonoid, asam gamma-linolenat, β -karoten, klorofil, saponin, triterpenoid, dan steroid (Agustini *et al.*, 2015), serta komponen penting lainnya seperti *phycocyanin*, polisakarida, dan *polyunsaturated fatty acids* (Han *et al.*, 2021). Semisal, Kumar *et al.* (2022) melaporkan bahwa kandungan total fenol, flavonoid, dan tanin dalam spirulina masing-masing yaitu 9,92; 1,05; dan 0,80 mg/g ekstrak etanol. Selain itu, Akbarizare *et al.* (2019) menunjukkan kandungan saponin dalam spirulina sebesar 28 mg/g kering udara.

Flavonoid dapat menurunkan kadar kolesterol dengan cara menghambat adipogenesis, meningkatkan lipolisis, dan mengurangi sintesis kolesterol di hati, yang selanjutnya dapat meningkatkan kualitas daging melalui perubahan metabolisme lipid (Tan *et al.*, 2022). Di sisi lain, saponin dapat mengurangi kelarutan misel kolesterol, yang dapat menurunkan penyerapan kolesterol (Chavez-Santoscoy *et al.*, 2014). Saponin diketahui membentuk kompleks tidak larut dengan kolesterol, sehingga mengurangi

penyerapan kolesterol di usus. Proses ini mengarah pada peningkatan ekskresi asam empedu, yang selanjutnya menurunkan kadar kolesterol (Cao *et al.*, 2024).

Kandungan nutrisi dan senyawa penting dalam spirulina juga menunjukkan berbagai aktivitas biologis seperti anti-mikrobia, imunostimulan, anti-inflamasi, anti-karsinogenik, dan antioksidan. Suplementasi spirulina dalam pakan unggas terbukti dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan, pencernaan nutrisi, aktivitas antioksidan, respons anti-inflamasi, serta meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus (Abdelfatah *et al.*, 2024; Alaqil and Abbas, 2023; El-Shall *et al.*, 2023). Telah dilaporkan oleh Khan *et al.* (2020) bahwa suplementasi spirulina dalam pakan ayam broiler dapat memperkuat sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan kinerja pertumbuhan yang berkorelasi dengan peningkatan histomorfologi usus halus, serta jumlah sel goblet.

Dalam studi meta-analisis, penggunaan spirulina dalam pakan ayam pedaging (Herath *et al.*, 2023) dan ayam petelur (Sadid and Anam, 2024) telah direkomendasikan sebagai strategi efektif untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk unggas. Sunarno *et al.* (2023) juga menyimpulkan bahwa penggunaan spirulina sebagai aditif pakan dapat meningkatkan kualitas fisik dan kimia telur bebek Tegal. Selain itu, Kurniawan and Christie (2020) mengkaji terkait penggunaan kombinasi spirulina dan buah mengkudu pada pakan itik hibrida. Namun demikian, studi tentang suplementasi spirulina dalam pakan bebek Peking, khususnya di Indonesia masih sangat terbatas. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh suplementasi spirulina terhadap produktivitas, profil metabolit serum darah, dan kadar kolesterol daging bebek Peking.

2. Materi dan Metode

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di tiga lokasi, yaitu *Research Farm* Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada, dan Laboratorium Biokimia Nutrisi Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Penelitian berlangsung mulai bulan Juni hingga Oktober 2023. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan *ethical clearance* yang dikeluarkan oleh Komisi Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, dengan nomor sertifikat:100/EC-FKH/Eks./2023.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam riset ini berupa kandang bebek Peking dengan tipe koloni (0,9 x 1,1 m), tempat pakan (*pan feeder*), tempat minum, *heater* (lampu bohlam) untuk pemeliharaan bebek. Timbangan digital untuk menimbang pakan dan bobot bebek. Alat yang digunakan pada saat pengambilan karkas dan organ meliputi, pisau *blade*, *scalpel*, gunting, sarung tangan *latex*, plastik *ziplock*, *sput*, *styrofoam box*, dan tabung BD vacutainer® untuk pengambilan sampel darah dan daging. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *day old duck* (DOD) bebek Peking jantan, pakan basal merk New Hope 831, spirulina, serta seperangkat bahan kimia untuk pengujian serum darah dan kolesterol daging.

2.3. Metode Pengumpulan Data

2.3.1. Pemeliharaan Ternak

Sebanyak 60 ekor DOD jantan *strain* Peking dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan, dimana setiap perlakuan terdiri dari 5 ulangan (replikasi) dengan 4 ekor bebek dalam setiap pengulangan. Pada kelompok perlakuan pertama, bebek diberikan pakan berupa 100% pakan komersial (kontrol). Kelompok perlakuan kedua menerima pakan yang terdiri dari 98% pakan komersial dan 2% spirulina, sementara kelompok perlakuan ketiga mendapatkan pakan yang terdiri dari 96% pakan komersial dan 4% spirulina. Pemeliharaan bebek dilakukan selama 42 hari. Pada setiap replikasi, bebek ditempatkan pada kandang berukuran 90 x 110 cm. Setiap kandang dilengkapi dengan tempat pakan dan minum. Pada hari pertama pemeliharaan, semua bebek ditimbang bobot badan awalnya dan divaksinasi *Newcastle Disease* (ND). Fase *brooding* dilakukan selama 14 hari dengan menggunakan *heater* (lampu bohlam 40 watt). Pakan diberikan sebanyak satu kali dalam sehari (pagi hari), kemudian sisa pakan dihitung di hari selanjutnya sebelum pemberian pakan. Fase pemeliharaan dilakukan selama 42 hari (6 minggu).

2.3.2. Produktivitas dan Kualitas Karkas

Produktivitas bebek diukur dengan menghitung konsumsi pakan, bobot akhir, dan *feed conversion ratio* (FCR). Konsumsi pakan dihitung dengan mengurangi jumlah pakan yang diberikan dengan jumlah pakan yang tersisa setiap hari. Bobot badan akhir bebek

ditimbang pada akhir masa pemeliharaan. Parameter karkas dan non-karkas diukur pada hari terakhir pemeliharaan, yaitu hari ke-42. Sebelum disembelih, bebek dipuasakan terlebih dahulu selama 12 jam tetapi tetap diberikan minum secara *ad libitum*.

Sebelum bebek disembelih, satu dari empat ekor bebek dalam kandang yang mendekati nilai rerata diambil darahnya melalui vena jugularis. Sebanyak 3 ml sampel darah dimasukkan ke dalam tabung BD vacutainer® ukuran 5 ml dan segera dibawa ke laboratorium. Sampel darah lalu disentrifus pada kecepatan $2.000 \times g$ selama 15 menit. Serum lalu ditempatkan pada mikrotube ukuran 1,5 ml untuk dilakukan pengujian lanjutan.

Bebek disembelih secara halal dan dibersihkan bulunya. Selanjutnya, dilakukan pemisahan antara bagian karkas dan non-karkas dan dicatat beratnya. Parameter yang diamati meliputi bobot potong, bobot karkas, persentase karkas, bobot dada, bobot dada *deboned*, bobot paha, bobot paha *deboned*, bobot sayap, bobot punggung, bobot kepala, bobot ceker, dan bobot total jeroan.

2.3.3. Bobot Organ Dalam dan Panjang Saluran Pencernaan

Bobot organ dalam dan panjang saluran pencernaan diukur dengan memisahkan bagian setiap organ terlebih dahulu. Organ yang sudah dipisahkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik dan dicatat hasilnya. Panjang organ saluran pencernaan diukur dengan mengidentifikasi terlebih dahulu bagian-bagian dari saluran pencernaan. Panjang organ saluran pencernaan diukur menggunakan meteran dan dicatat hasilnya. Parameter bobot organ dalam yang diamati meliputi esofagus, *crop*, *gizzard*, total usus, pankreas, dan hati, sedangkan panjang saluran pencernaan yang diukur meliputi esofagus, duodenum, jejunum, ileum, usus besar, sekum kanan, dan sekum kiri.

2.3.4. Metabolit Serum Darah

Kadar metabolit serum darah meliputi kolesterol, glukosa, *low-density lipoprotein* (LDL), dan *high-density lipoprotein* (HDL). Pengukuran kadar metabolit serum ini menggunakan teknologi fotometrik. Metode CHOD-PAP digunakan untuk mengukur kadar HDL, LDL, dan kolesterol pada serum darah. Metode GOD-PAP dan fotometrik enzimatik digunakan untuk pengukuran kadar glukosa pada serum darah.

2.3.5. Kadar Kolesterol Daging

Kadar kolesterol daging (bagian dada) diukur menggunakan metode Liebermann-Burchard dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm (Burke et al., 1974).

2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis statistik dengan menggunakan rancangan acak lengkap pola searah. Apabila terdapat perbedaan antar *mean*, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS versi 26.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Produktivitas

Data pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa pemberian spirulina pada dosis 2 dan 4% tidak menunjukkan perbedaan terhadap konsumsi pakan bebek Peking ($P>0,05$), meskipun terjadi kecenderungan penurunan konsumsi pakan masing-masing sebesar 10,61% dan 9,64% dibandingkan dengan kontrol ($P=0,065$). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Pandav et al. (2015) bahwa terjadi penurunan konsumsi pakan dengan pemberian spirulina pada ayam Indbro. Selain itu, Opoola et al. (2019) juga melaporkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 0,6-1,8% menunjukkan penurunan rerata konsumsi pakan ayam Arbor Acre fase *starter*. Penurunan konsumsi pakan mungkin berkaitan dengan palatabilitas spirulina. Namun demikian, Abdelfatah et al. (2024) menunjukkan tidak terjadi perubahan konsumsi pakan ayam Cobb 500 dengan suplementasi spirulina pada dosis 0,1-0,5%. Begitu pula, Kurniawan and Christie (2020) melaporkan bahwa spirulina dosis 0,5% tidak memberikan pengaruh terhadap konsumsi pakan itik lokal.

Selanjutnya, pemberian spirulina tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap bobot badan akhir bebek Peking ($P>0,05$), namun secara signifikan menurunkan FCR ($P<0,05$) (Tabel 1). Spirulina dosis 2% dan 4% menurunkan FCR bebek Peking 10,55% dan 12,45% dibandingkan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun konsumsi pakan relatif lebih rendah, spirulina mampu memberikan bobot badan yang sama di antara semua perlakuan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa suplementasi

spirulina dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pakan pada bebek Peking. Fenomena tersebut kemungkinan berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif dalam spirulina yang dapat memodulasi indeks morfometri usus halus (Khan *et al.*, 2020). Seperti yang ditunjukkan oleh El-Hady *et al.* (2022), suplementasi spirulina meningkatkan panjang dan lebar vili usus halus, serta jumlah sel goblet pada ayam. Peningkatan ini kemudian berkorelasi positif dengan kapasitas penyerapan nutrisi pada dinding untuk mendukung fungsi biologis dan metabolisme dalam tubuh. Spirulina kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid, *phycocyanin*, polisakarida, karotenoid, serta berbagai vitamin dan mineral. Senyawa-senyawa tersebut dikenal memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi, yang dapat berdampak positif pada kesehatan usus. Sebagai contoh, *phycocyanin* telah terbukti mengurangi stres oksidatif dan peradangan pada lapisan usus, sehingga dapat meningkatkan kesehatan usus dan berpotensi meningkatkan indeks vili untuk penyerapan nutrisi (Abdelfatah *et al.*, 2024; Spínola *et al.*, 2024b).

Tabel 1. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap konsumsi pakan dan produktivitas bebek Peking (mean±SD)

Parameter	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Konsumsi pakan (g)	2917,50±249,33	2637,50±140,56	2636,25±46,08	0,065
Bobot akhir (g)	1115,00±108,63	1115,00±34,64	1132,50±15,00	0,912
FCR	2,62±0,14 ^b	2,37±0,09 ^a	2,33±0,06 ^a	0,006

^{a,b}Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

FCR: *feed conversion ratio*.

3.2. Kualitas Karkas dan Non-Karkas

Tabel 2 menunjukkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 2% dan 4% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas karkas bebek Peking meliputi bobot potong, bobot karkas, persentase karkas, bobot dada, bobot paha, bobot sayap, dan bobot punggung ($P > 0,05$). Selain itu, penggunaan spirulina juga tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas non-karkas bebek Peking meliputi bobot ceker, kepala, dan total jeroan ($P > 0,05$) (**Tabel 3**).

Tidak terpengaruhnya parameter karakteristik karkas dan non-karkas dalam penelitian ini menandakan bahwa kadar senyawa bioaktif dalam spirulina mungkin tidak cukup untuk menghasilkan perubahan signifikan terhadap karakteristik karkas dan non-karkas bebek Peking. Senada dengan penelitian Feshanghchi *et al.* (2022) bahwa penggunaan spirulina dengan dosis 1% pada ayam Ross 308 tidak menunjukkan

perbedaan pada persentase karkas, dada, paha, dan hati jika dibandingkan dengan kontrol. Berbeda dengan Elbaz *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa pemberian spirulina dalam bentuk *powder* sebanyak 0,1% dan 0,2% memberikan peningkatan pada bobot dan persentase karkas ayam Ross 308. Namun demikian, studi tersebut diintervensi oleh adanya stres/cekaman panas. Selanjutnya, pada penelitian ini, persentase karkas yang didapatkan (57,57-60,79%) lebih tinggi dibandingkan dengan studi yang dilakukan oleh Latif and Daud (2022) yang menunjukkan persentase karkas pada bebek Peking sebesar 55,72%. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis pakan yang diberikan dan durasi pemeliharaan.

Tabel 2. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap karakteristik karkas bebek Peking (mean±SD)

Parameter (g)	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Bobot potong	1061,00±82,04	1043,00±84,68	1067,50±5,00	0,864
Karkas	627,50±52,80	599,98±47,80	649,00±19,37	0,288
Persentase karkas (%)	59,26±4,77	57,57±2,12	60,79±1,53	0,365
Dada	99,94±13,10	112,79±26,54	112,46±14,10	0,520
Dada <i>deboned</i>	76,25±10,88	86,46±30,68	109,31±54,65	0,386
Paha	198,33±18,83	174,13±24,79	190,40±19,39	0,234
Paha <i>deboned</i>	157,91±17,52	135,87±18,52	149,05±15,17	0,175
Sayap	73,22±17,37	75,56±12,75	81,26±14,47	0,727
Punggung	229,09±17,68	233,80±19,64	258,83±33,72	0,189

Tabel 3. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap bobot non-karkas bebek Peking (mean±SD)

Parameter (g)	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Ceker	39,98±4,04	38,88±3,72	38,15±3,10	0,758
Kepala	203,59±27,79	192,99±37,86	185,89±3,45	0,651
Total jeroan	162,49±9,09	163,39±10,23	174,52±8,18	0,154

3.3. Bobot Organ dan Saluran Pencernaan

Tabel 4 menunjukkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 2% dan 4% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot beberapa organ dalam bebek Peking meliputi bobot esofagus, *crop*, *gizzard*, total usus, pankreas, dan hati ($P>0,05$). Lebih lanjut, penggunaan spirulina juga tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang saluran pencernaan bebek Peking meliputi panjang esofagus, duodenum, jejunum, ileum, usus besar, dan sekum ($P>0,05$) (**Tabel 5**). Pestana *et al.* (2020)

melaporkan bahwa tidak terdapat perbedaan bobot relatif *crop*, *gizzard*, hati, dan pankreas dengan pemberian spirulina sebanyak 15% pada ayam Ross 308.

Menurut Fandi *et al.* (2018), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi panjang usus pada bebek diantaranya umur, bentuk pakan, dan komposisi ransum. Panjang usus halus memiliki hubungan yang erat dengan berat tubuh unggas (Apriliyani *et al.*, 2016). Selanjutnya, panjang duodenum, jejunum, ileum, sekum, dan usus besar dalam penelitian ini tidak terlalu berbeda dari data yang dilaporkan oleh Han *et al.* (2016) untuk bebek Peking yang dipelihara selama 35 hari, yaitu duodenum 29,6 cm, jejunum 71,9 cm, ileum 71,2 cm, sekum 15,6 cm, dan usus besar 10,2 cm.

Tabel 4. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap bobot organ dalam bebek Peking (mean±SD)

Parameter (g)	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Esofagus	7,82±1,22	6,11±3,27	7,98±1,52	0,363
<i>Crop</i>	4,97±0,68	4,88±0,28	4,54±0,88	0,570
<i>Gizzard</i>	48,06±1,77	50,05±5,41	47,06±2,75	0,443
Total usus	46,03±2,82	47,70±8,18	51,46±5,91	0,379
Pankreas	15,09±21,99	4,25±0,54	5,06±0,72	0,355
Hati	27,50±0,88	26,90±1,79	27,31±2,58	0,874

Tabel 5. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap panjang saluran pencernaan bebek Peking (mean±SD)

Parameter (cm)	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Esofagus	17,88±2,82	15,00±5,48	17,00±2,45	0,496
Duodenum	28,02±7,56	24,20±1,48	26,10±3,01	0,472
Jejunum	68,60±5,68	70,00±6,60	66,60±6,11	0,687
Ileum	48,00±16,17	43,60±21,48	63,60±4,16	0,149
Usus besar	11,20±4,60	10,40±1,34	10,40±2,30	0,894
Sekum kanan	15,20±1,10	15,20±1,48	14,40±1,52	0,585
Sekum kiri	16,60±1,34	14,52±2,25	15,40±2,07	0,269

3.4. Profil Metabolit Serum Darah

Data pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 2% dan 4% tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar glukosa, kolesterol, HDL, dan LDL serum darah bebek Peking ($P>0,05$). Secara numerik, profil serum darah bebek Peking dalam penelitian ini menunjukkan kadar glukosa berkisar antara 113,90 hingga 128,48 mg/dl, kolesterol antara 157,52 hingga 175,26 mg/dl, HDL antara 46,14 hingga 50,04 mg/dl, dan LDL antara 78,90 hingga 85,58 mg/dl. Secara umum, profil serum darah

tersebut lebih rendah dibandingkan dengan beberapa referensi pada bebek Peking lainnya: kadar glukosa sebesar 174,5-218,5 mg/dl dan kolesterol 204,9-209,9 mg/dl (C. H. Kim *et al.*, 2019), kolesterol antara 216,4 hingga 299,6 mg/dl (Sabri *et al.*, 2014). Selain itu, nilai LDL dan HDL dalam referensi lain masing-masing dilaporkan sebesar 96,68 mg/dl dan 41,0 mg/dl (Shahid *et al.*, 2019).

Kondisi tersebut mungkin dapat menjadi alasan tidak adanya perubahan profil *lipid* serum dengan penggunaan aditif spirulina dalam penelitian ini. Tubuh memiliki mekanisme efektif untuk menjaga homeostasis kolesterol, seperti mengurangi penyerapan kolesterol di usus atau meningkatkan ekskresi melalui empedu saat asupan kolesterol meningkat atau terjadi perubahan metabolisme. Hal ini membantu menjaga kadar kolesterol darah tetap stabil meskipun terjadi perubahan pada kolesterol jaringan. Hati memiliki peran utama dalam mengatur homeostasis glukosa dan metabolisme lipid (De Paula Simino *et al.*, 2017). Selanjutnya, pengaruh suplementasi spirulina pada profil darah unggas juga menunjukkan hasil yang beragam. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh El-Hady *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pemberian spirulina dengan dosis 3% dan 6% pada ayam Cobb 500 juga tidak memberikan perubahan pada kadar total *lipid*, kolesterol, HDL, dan LDL plasma darah. Namun pada dosis 6% menunjukkan penurunan kadar trigliserida plasma. Spínola *et al.* (2024a) menunjukkan bahwa *extruded* spirulina dengan dosis 15% tidak menyebabkan perubahan pada glukosa darah namun menurunkan total *lipid* dan total kolesterol di hati. Pestana *et al.* (2020) mengkaji pemberian spirulina pada ayam Ross 308 dan menemukan bahwa spirulina dosis 15% meningkatkan total *lipid*, kolesterol dan LDL serum. Namun demikian, penggunaan *chikory* yang kaya akan flavonoid sebesar 15% pada pakan itik hibrida menunjukkan kadar kolesterol dan trigliserida darah yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, tetapi kadar LDL dan HDL pada semua perlakuan menunjukkan hasil yang sama (Umami *et al.*, 2023). Beberapa perbedaan hasil yang didapatkan mungkin disebabkan oleh perbedaan dosis, spesies, dan kondisi fisiologis ternak.

Tabel 6. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap kadar metabolit serum bebek Peking (mean±SD)

Parameter (mg/dl)	Dosis spirulina (%)			P-value
	0	2	4	
Glukosa	122,68±10,69	113,90±24,31	128,48±18,66	0,486
Kolesterol	157,52±16,84	175,26±13,31	162,78±21,85	0,301

HDL	48,56±5,36	50,04±6,04	46,14±9,12	0,684
LDL	78,90±10,19	85,58±13,47	84,74±18,59	0,315

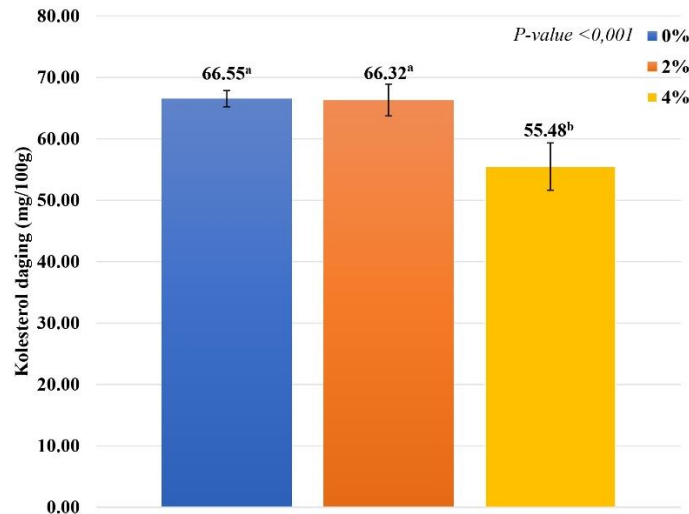
HDL: *high-density lipoprotein*; LDL: *low-density lipoprotein*.

3.5. Kadar Kolesterol Daging

Suplementasi spirulina pada dosis 4% secara signifikan mampu menurunkan kadar kolesterol daging bebek Peking dibandingkan dengan kontrol dan dosis 2% ($P < 0,05$) (**Gambar 1**). Penurunan kadar kolesterol daging pada suplementasi spirulina dosis 4% yaitu sebesar 16,63% dibandingkan dengan kontrol. Hal ini diduga karena adanya peran berbagai senyawa bioaktif spirulina dalam memodulasi kolesterol daging. Penurunan kadar kolesterol daging berkaitan dengan penurunan sintesis asam lemak atau aktivitas enzim yang dipengaruhi oleh senyawa bioaktif dengan kapasitas antioksidan yang lebih tinggi atau efek biologis lainnya (Kim and Choi, 2013). Flavonoid dalam spirulina memiliki berbagai fungsi biologis, termasuk kemampuan untuk menurunkan kadar kolesterol. Flavonoid meregulasi kadar HMG-CoA reduktase dan meningkatkan produksi asam empedu (Ouyang *et al.*, 2016). Flavonoid berperan dalam peningkatan kualitas daging unggas termasuk dalam penurunan kolesterol daging (North *et al.*, 2019). Ekstrak daun cermai yang kaya flavonoid mengurangi kadar kolesterol pada daging bebek, sehingga meningkatkan kualitas daging dan manfaat kesehatannya dengan menurunkan kandungan lemak dan kolesterol (Anggraeni *et al.*, 2022). Selain itu, tepung kulit bawang merah dan bawang putih yang kaya flavonoid juga menurunkan kolesterol pada daging bebek Mojosari. Antioksidan yang terkandung dalam kulit bawang tersebut berperan dalam menurunkan kadar kolesterol, sebagaimana dilaporkan oleh Putri *et al.* (2016).

Senyawa lain, yaitu saponin dapat mengurangi kelarutan misel kolesterol, yang selanjutnya dapat menurunkan penyerapan kolesterol (Chavez-Santoscoy *et al.*, 2014). Saponin berperan sebagai glikosida yang dapat menurunkan kolesterol dengan menghambat penyerapan kolesterol dan garam empedu. Mekanisme tersebut terjadi melalui interaksi antara struktur steroid saponin dengan kolesterol dan garam empedu. Selain itu, saponin meningkatkan ekskresi kolesterol melalui eksreta dan merangsang sintesis garam empedu endogen, sehingga secara keseluruhan menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh (Umami *et al.*, 2023). Selain itu, protein utama dalam spirulina yaitu *phycocyanin*, berfungsi mengurangi konsentrasi *lipid* dengan cara menangkal radikal bebas, menghambat peroksidasi *lipid*, mengurangi ekspresi NADPH oksidase,

serta meningkatkan aktivitas *glutathione peroxidase* dan *superoxide dismutase* (Serban et al., 2016).



Gambar 1. Pengaruh suplementasi spirulina terhadap kadar kolesterol daging bebek Peking

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa suplementasi spirulina pada dosis 4% efektif dalam meningkatkan produktivitas bebek Peking serta menurunkan kadar kolesterol dalam dagingnya. Namun, suplementasi spirulina tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap profil metabolit serum maupun karakteristik karkas dan non-karkas bebek Peking.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Peternakan UGM selaku penyedia tempat untuk pelaksanaan penelitian, Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM, Laboratorium Biokimia Nutrisi Fakultas Peternakan UGM, dan Pusat Penelitian Ternak Tropik Fakultas Peternakan UGM yang telah memberikan *support* terhadap pengujian laboratorium yang dilakukan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abdelfatah, S. H., Yassin, A. M., Khattab, M. S., Abdel-Razek, A. S., and Saad, A. H. 2024. *Spirulina platensis* as a growth booster for broiler; Insights into their nutritional, molecular, immunohistopathological, and microbiota modulating

- effects. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03858-z>
- Agustini, T. W., Suzery, M., Sutrisnanto, D., Ma'ruf, W. F., and Hadiyanto. 2015. Comparative study of bioactive substances extracted from fresh and dried *Spirulina* sp. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.042>
- Akbarizare, M., Ofoghi, H., and Hadizadeh, M. 2019. In vitro anticancer evaluation of saponins obtained from *Spirulina platensis* on MDA, HepG2, and MCF7 cell lines. *Multidisciplinary Cancer Investigation*, 3(4), 25–32. <https://doi.org/10.30699/acadpub.mci.3.4.25>
- Alaqil, A. A., and Abbas, A. O. 2023. The effects of dietary *Spirulina platensis* on physiological responses of broiler chickens exposed to endotoxin stress. *Animals*, 13(3), 363. <https://doi.org/10.3390/ani13030363>
- Anggraeni, Sudrajat, D., Handarini, R., and Malik, B. 2022. Meat fatty acid composition and malondialdehyde concentration of dried star gooseberry leaf extract for duck feed. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(10), 120–126. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.10.14>
- Apriliyani, N. I., Djaelani, M. A., and Silvana, T. 2016. Profil histologi duodenum berbagai itik lokal di Kabupaten Semarang. *BIOMA*, 18(2), 144–150.
- BPS. 2024. *Produksi Daging Unggas Menurut Provinsi dan Jenis Unggas (kg)*. <https://www.bps.go.id>
- Burke, R. W., Diamondstone, B. I., Velapoldi, R. A., and Menis, O. 1974. Mechanisms of the Liebermann-Burchard and Zak color reactions for cholesterol. *Clinical Chemistry*, 20(7), 794–801. <https://doi.org/10.1093/clinchem/20.7.794>
- Cao, S., Liu, M., Han, Y., Li, S., Zhu, X., Li, D., Shi, Y., and Liu, B. 2024. Effects of saponins on lipid metabolism: The gut-liver axis plays a key role. *Nutrients*, 16(10), 1514. <https://doi.org/10.3390/nu16101514>
- Chandrasekharan, N. 1999. Changing concepts in lipid nutrition in health and disease. *Medical Journal of Malaysia*, 54, 408–427.
- Chavez-Santoscoy, R. A., Gutierrez-Urbe, J. A., Granados, O., Torre-Villalvazo, I., Serna-Saldivar, S. O., Torres, N., Palacios-González, B., and Tovar, A. R. 2014. Flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats modulate lipid metabolism and biliary cholesterol secretion in C57BL/6 mice. *British Journal of Nutrition*, 112(6), 886–899. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001536>
- De Paula Simino, L. A., De Fante, T., Figueiredo Fontana, M., Oliveira Borges, F., Torsoni, M. A., Milanski, M., Velloso, L. A., and Souza Torsoni, A. 2017. Lipid overload during gestation and lactation can independently alter lipid homeostasis in offspring and promote metabolic impairment after new challenge to high-fat diet. *Nutrition and Metabolism*, 14(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0168-4>
- Ding, S. R., Li, G. S., Chen, S. R., Zhu, F., Hao, J. P., Yang, F. X., and Hou, Z. C. 2021. Comparison of carcass and meat quality traits between lean and fat Pekin ducks. *Animal Bioscience*, 34(7), 1193–1201. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0612>
- Elbaz, A. M., Ahmed, A. M. H., Abdel-Maqoud, A., Badran, A. M. M., and Abdel-Moneim, A. M. E. 2022. Potential ameliorative role of *Spirulina platensis* in powdered or extract forms against cyclic heat stress in broiler chickens. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45578–45588. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19115-z>

- El-Hady, A. M. A., Elghalid, O. A., Elnaggar, A. S., and El-khalek, E. A. 2022. Growth performance and physiological status evaluation of *Spirulina platensis* algae supplementation in broiler chicken diet. *Livestock Science*, 263, 105009. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105009>
- El-Shall, N. A., Jiang, S., Farag, M. R., Azzam, M., Al-Abdullatif, A. A., Alhotan, R., Dhama, K., Hassan, F. U., and Alagawany, M. 2023. Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. *Frontiers in Immunology*, 14, 1072787. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1072787>
- Fandi, A., Suprijatna, E., and Muryani, R. 2018. Profil saluran pencernaan itik Tegal betina yang diberi pakan tambahan kombinasi limbah ekstraksi daun pepaya dan bakteri asam laktat. *Sains Peternakan*, 17(1), 17–23. <https://doi.org/10.20961/sainspet.v%vi%i.25120>
- FAOSTAT. 2024. *Crops and livestock products (Production)*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Feshanghchi, M., Baghban-Kanani, P., Kashefi-Motlagh, B., Adib, F., Azimi-Youvalari, S., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Slozhenkina, M., Gorlov, I., Zangeronimo, M. G., Swelum, A. A., Seidavi, A., Khan, R. U., Ragni, M., Laudadio, V., and Tufarelli, V. 2022. Milk thistle (*Silybum marianum*), marine algae (*Spirulina platensis*) and toxin binder powders in the diets of broiler chickens exposed to aflatoxin-B1: Growth performance, humoral immune response and cecal microbiota. *Agriculture (Switzerland)*, 12(6), 805. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060805>
- Griffin, H. D., Cameron, N. D., and Bulfieldi, G. 1992. Breeding and transgenesis as means of decreasing adiposity in farm animal species: practice and promise. *Proceedings of the Nutrition Society*, 51(3), 441–446. <https://doi.org/10.1079/pns19920057>
- Han, H., Zhang, K., Ding, X., Bai, S., Luo, Y., Wang, J., Peng, H., and Zeng, Q. 2016. Effects of dietary nanocrystalline cellulose supplementation on growth performance, carcass traits, intestinal development and lipid metabolism of meat ducks. *Animal Nutrition*, 2(3), 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.06.004>
- Han, P., Li, J., Zhong, H., Xie, J., Zhang, P., Lu, Q., Li, J., Xu, P., Chen, P., Leng, L., and Zhou, W. 2021. Anti-oxidation properties and therapeutic potentials of spirulina. *Algal Research*, 55, 1. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102240>
- Herath, H. M. U. L., Jayawardana, B. C., Fernando, P. D. S. M., and Weththasinghe, P. 2023. A meta-analysis of the effects of dietary *Spirulina* on growth performance of broiler chicken. *World's Poultry Science Journal*, 79(3), 497–511. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2210325>
- Igl, W., Kamal-Eldin, A., Johansson, Å., Liebisch, G., Gnewuch, C., Schmitz, G., and Gyllensten, U. 2013. Animal source food intake and association with blood cholesterol, glycerophospholipids and sphingolipids in a northern Swedish population. *International Journal of Circumpolar Health*, 72, 7. <https://doi.org/10.3402/ijch.v72i0.21162>
- Kanter, M. M., Kris-Etherton, P. M., Fernandez, M. L., Vickers, K. C., and Katz, D. L. 2012. Exploring the factors that affect blood cholesterol and heart disease risk: Is dietary cholesterol as bad for you as history leads us to believe? *Advances in Nutrition*, 3(5), 711–717. <https://doi.org/10.3945/an.111.001321>

- Khan, S., Mobashar, M., Khan Mahsood, F., Javaid, S., Abdel-Wareth, A. A., Ammanullah, H., and Mahmood, A. 2020. Spirulina inclusion levels in a broiler ration: Evaluation of growth performance, gut integrity, and immunity. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3233–3240. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02349-9/Published>
- Kim, C. H., Kang, H. K., and Kim, H. S. 2019. Effect of dietary energy levels on growth performance, blood parameter and intestinal morphology of Pekin ducks in low ambient temperature. *Journal of Animal Science and Technology*, 61(6), 305–312. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.6.305>
- Kim, Y. J., and Choi, I. H. 2013. Evaluation of dietary duzhong (*Eucommia ulmoides* Oliver) and castor aralia (*Kalopanax pictus* Nakai) leaf powder on growth performance, serum cholesterol, and meat quality in broilers. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 63(4), 183–189. <https://doi.org/10.1080/09064702.2013.879920>
- Kumar, A., Ramamoorthy, D., Verma, D. K., Kumar, A., Kumar, N., Kanak, K. R., Marwein, B. M., and Mohan, K. 2022. Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*. *Energy Nexus*, 6, 1. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100070>
- Kurniawan, D., and Christie, C. D. Y. 2020. The effect of *Morinda citrifolia* and *Arthrospira plattensis* powder on the performance and quality of broiler duck carcasses. *Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, 25(1), 40–44. <https://doi.org/10.14334/jitv.v25i1.2053>
- Latif, H., and Daud, M. 2022. Penggunaan tepung limbah ikan leubiem (*Shanthidermis maculatus*) dan suplementasi probiotik dalam ransum terhadap produksi karkas itik pedaging. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 299–308. www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Lokapirnasari, W. P., Agustono, B., Al Arif, M. A., Maslachah, L., Chandra, E. H., and Yulianto, A. B. 2022. Effect of probiotic and *Moringa oleifera* extract on performance, carcass yield, and mortality of Peking duck. *Veterinary World*, 15(3), 694–700. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.694-700>
- Made Nuriyasa, I., Puger, A. W., and Gusti Agung Arta Putra, I. 2021. Effects of dietary different lipid sources on serum cholesterol concentration, fat composition and growth performance in ducks. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 9(6), 926–932. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.6.926.932>
- Muthmainnah, A., and Jalali, K. 2022. Produktivitas budidaya antara bebek Peking (*Anas platyrhynchos*) dengan bebek Hibrida (*Anas platyrhynchos domesticus*). *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains Dan Terapan*, 2, 258–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i4.127>
- Ndhlala, A. R., Kavaz Yüksel, A., Çelebi, N., and Doğan, H. Ö. 2023. A general review of methodologies used in the determination of cholesterol (C₂₇H₄₆O) levels in foods. *Foods*, 12(24), 4424. <https://doi.org/10.3390/foods12244424>
- North, M. K., Dalle Zotte, A., and Hoffman, L. C. 2019. The use of dietary flavonoids in meat production: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 257, 114291. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114291>
- Opoola, E., Makinde, O. J., and Lawal, A. N. 2019. Effect of *Spirulina platensis* supplementation on performance, haematological and serum biochemical profiles of broiler chickens reared under tropical environment. *Nigerian Journal of Animal Science*, 21(3), 352–360.

- Ouyang, K., Xu, M., Jiang, Y., and Wang, W. 2016. Effects of alfalfa flavonoids on broiler performance, meat quality, and gene expression. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(3), 332–341. <https://doi.org/10.1139/cjas-2015-0132>
- Pandav, P. V., Puranik, P., Pandav, P. V., and Puranik, P. R. 2015. Trials on metal enriched *Spirulina platensis* supplementation on poultry growth. *Global Journal of Bio-Science and BioTechnology*, 4(1), 128–134.
- Park, J. H., Lee, S. I., and Kim, I. H. 2018. Effect of dietary *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 97(7), 2451–2459. <https://doi.org/10.3382/ps/pey093>
- Pestana, J. M., Puerta, B., Santos, H., Madeira, M. S., Alfaia, C. M., Lopes, P. A., Pinto, R. M. A., Lemos, J. P. C., Fontes, C. M. G. A., Lordelo, M. M., and Prates, J. A. M. 2020. Impact of dietary incorporation of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. *Poultry Science*, 99(5), 2519–2532. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.069>
- Putri, P. E., Mangisah, I., and Suthama, N. 2016. The effect of dietary supplementation of onion and garlic husk powder on protein, cholesterol and fat of duck meat. *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*, 422–427. <https://doi.org/10.14334/proc.intsem.lpvvt-2016-p.422-427>
- Quaresma, M. A. G., dos Santos, F. A., Roseiro, L. C., Ribeiro, A. P., Ferreira, J. D., Alves, S. P., and Bessa, R. J. B. 2024. Nutritional value of meat lipid fraction obtained from mallard duck (*Anas platyrhynchos*) reared in semiextensive conditions for hunting purposes. *Poultry Science*, 103(2), 1. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103290>
- Sabri, M., Meurah Mariana, C., and Aceh, B. 2014. Alteration of cholesterol concentrations and body weight at the Peking ducks (*Anas platyrhynchos*) after giving extract of *Lannea coromandelica* leaves. *The 2nd International Conference on Natural and Environmental Sciences (ICONES)*.
- Sadid, M. M., and Anam, M. S. 2024. Meta-analysis of laying hen performance and egg quality characteristics in response to *Spirulina* supplementation. *Veterinary Integrative Sciences*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.12982/VIS.2025.019>
- Salgado, I. K. I., do Prado Ferreira, M., Corazza, M. Z., and Tarley, C. R. T. 2024. In vitro bioaccessibility evaluation of minerals in Camu-Camu and *Spirulina* dietary supplements. *Journal of Food Composition and Analysis*, 131, 106206. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106206>
- Serban, M. C., Sahebkar, A., Dragan, S., Stoichescu-Hogea, G., Ursoniu, S., Andrica, F., and Banach, M. 2016. A systematic review and meta-analysis of the impact of *Spirulina* supplementation on plasma lipid concentrations. *Clinical Nutrition*, 35(4), 842–851. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2015.09.007>
- Shahid, M. S., Wu, Y., Xiao, Z., Raza, T., Dong, X., and Yuan, J. 2019. View of duration of the flaxseed diet promotes deposition of n-3 fatty acids in the meat and skin of Peking ducks. *Food and Nutrition Research*, 63, 3590. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29219/fnr.v63.3590>
- Shin, D. M., Kim, Y. J., Choi, Y. S., Kim, B. K., and Han, S. G. 2023b. Duck fat: Physicochemical characteristics, health effects, and food utilizations. *LWT*, 188, 115435. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115435>

- Shin, D. M., Yune, J. H., Kim, D. H., and Han, S. G. 2023a. Effect of sous-vide cooking conditions on the physicochemical, microbiological and microstructural properties of duck breast meat. *Animal Bioscience*, 36(10), 1596–1603. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0039>
- Spínola, M. P., Alfaia, C. M., Costa, M. M., Pinto, R. M. A., Lopes, P. A., Pestana, J. M., Tavares, J. C., Mendes, A. R., Mourato, M. P., Tavares, B., Carvalho, D. F. P., Martins, C. F., Ferreira, J. I., Lordelo, M. M., and Prates, J. A. M. 2024a. Impact of high Spirulina diet, extruded or supplemented with enzymes, on blood cells, systemic metabolites, and hepatic lipid and mineral profiles of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1342310. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1342310>
- Spínola, M. P., Costa, M. M., and Prates, J. A. M. 2024b. Analysing the impact of spirulina intake levels on performance parameters, blood health markers and carcass traits of broiler chickens. *Animals*, 14(13), 1964. <https://doi.org/10.3390/ani14131964>
- Sunarno, S., Handyka, M. A. N., Mulyani, S., and Suparmi, S. 2023. Spirulina flour-based feed additive improves the physical and chemical eggs quality of Tegal-laying duck. *Biosaintifika*, 15(3), 326–340. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v15i3.48114>
- Tan, Z., Halter, B., Liu, D., Gilbert, E. R., and Cline, M. A. 2022. Dietary Flavonoids as Modulators of Lipid Metabolism in Poultry. *Frontiers in Physiology*, 13, 863860. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.863860>
- Umami, N., Rahayu, E. R. V., Suhartanto, B., Agus, A., Suryanto, E., and Rahman, M. M. 2023. Effect of Cichorium intybus on production performance, carcass quality and blood lipid profile of hybrid duck. *Animal Bioscience*, 36(1), 84–97. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0041>
- Uzlasir, T., Isik, O., Uslu, L. H., Selli, S., and Kelebek, H. 2023. Impact of different salt concentrations on growth, biochemical composition and nutrition quality of *Phaeodactylum tricornutum* and *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*, 429. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136843>
- Xu, L., He, J., Duan, M., Chang, Y., Gu, T., Tian, Y., Cai, Z., jiang, C., Zeng, T., and Lu, L. 2023. Effects of lactic acid bacteria-derived fermented feed on the taste and quality of duck meat. *Food Research International*, 174, 113769. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113769>