

Pengaruh Protein Sel Tunggal Berbasis *Chlorella* dan *Spirulina* terhadap Performa, Integritas Usus, dan Kekebalan Tubuh Broiler: Tinjauan Pustaka Sistematis

Reo Radius Falah (1), Madiyan Sugesti (2*)

¹Bagian Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, Fakultas Pertanian dan Pertenakan, Universitas Muhammadiyah Kotabumi, Lampung, Indonesia

²Bagian Teknologi Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Lampung, Lampung, Indonesia

falahreoradius@gmail.com (1) madiyansugesti@polinela.ac.id (2)

ABSTRAK

Tinjauan pustaka sistematis ini bertujuan mengevaluasi pengaruh *Chlorella* dan *Spirulina* berbasis *single cell protein* terhadap performa pertumbuhan, integritas usus, dan fungsi imun broiler. Kajian ini menggunakan pendekatan sistematis berdasarkan prinsip PRISMA. Peneliti menelusuri artikel ilmiah bereputasi dari berbagai basis data dan memilih studi berdasarkan kriteria yang mencakup broiler, suplementasi pakan atau penggantian sebagian protein dengan *Chlorella*, *Spirulina*, *Arthrospira*, atau bahan mikroalga terkait, serta luaran performa, kesehatan usus, dan imunitas. Hasil kajian menunjukkan bahwa level inklusi rendah sampai sedang dari *Chlorella* dan *Spirulina* umumnya meningkatkan pertambahan bobot badan, efisiensi pakan, pemanfaatan nutrisi, morfologi usus, marker barrier intestinal, kapasitas antioksidan, dan respons imun. Namun, level inklusi tinggi dapat menurunkan konsumsi pakan, pencernaan, dan performa karena hambatan dinding sel, peningkatan viskositas digesta, perubahan palatabilitas, dan keterbatasan akses nutrisi. Kebaruan kajian ini terletak pada interpretasi mikroalga sebagai bahan pakan multifungsi, bukan hanya sebagai sumber protein alternatif. Kajian ini berkontribusi dalam memperjelas peran *Chlorella* dan *Spirulina* sebagai aditif pakan fungsional, modulator kesehatan usus, dan pendukung imunitas. Temuan ini mendukung pengembangan pakan broiler berkelanjutan yang mengurangi ketergantungan pada protein konvensional dan *antibiotic growth promoter*.

Kata kunci: broiler; *Chlorella vulgaris*; *Spirulina platensis*; single cell protein; integritas usus; fungsi imun.

ABSTRACT

This systematic literature review aimed to evaluate the effects of *Chlorella* and *Spirulina*-based single cell protein on growth performance, gut integrity, and immune function in broiler chickens. The review followed a systematic approach based on PRISMA principles. Relevant peer-reviewed studies were identified from major scientific databases and selected using predefined criteria covering broiler chickens, dietary supplementation or partial protein replacement with *Chlorella*, *Spirulina*, *Arthrospira*, or related microalgae-based ingredients, and outcomes related to performance, intestinal health, and immunity. The findings show that low to moderate inclusion levels of *Chlorella* and *Spirulina* generally improve body weight gain, feed efficiency, nutrient utilization, intestinal morphology, barrier-related markers, antioxidant capacity, and immune responses. However, high inclusion levels may reduce feed intake, digestibility, and performance due to cell-wall resistance, digesta viscosity, palatability changes, and limited nutrient accessibility. The novelty of this study lies in its integrative interpretation of microalgae as multifunctional feed ingredients rather than merely alternative protein sources. This review contributes to poultry nutrition by clarifying the role of *Chlorella* and *Spirulina* as functional feed additives, gut-health modulators, and immune-supporting ingredients. The findings support the development of sustainable broiler diets with reduced dependence on conventional protein sources and antibiotic growth promoters.

Keywords: broiler chicken; *Chlorella vulgaris*; *Spirulina platensis*; single cell protein; gut integrity; immune function

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Industri broiler modern menghadapi tantangan dalam menjaga performa pertumbuhan, kesehatan usus, dan fungsi imun. Mikroalga berbasis single cell protein, terutama Chlorella vulgaris dan Spirulina platensis, memiliki potensi sebagai bahan pakan fungsional karena mengandung protein, asam amino esensial, pigmen, polisakarida, vitamin, mineral, dan senyawa antioksidan (Lee et al., 2023). Mikroalga dapat memengaruhi performa broiler melalui beberapa mekanisme. Pertama, protein dan asam amino mikroalga dapat mendukung pembentukan jaringan tubuh. Kedua, pigmen, polisakarida, mineral, dan antioksidan dapat menurunkan kerusakan oksidatif. Ketiga, mikroalga dapat memperbaiki mikrobiota dan morfologi usus. Keempat, mikroalga dapat memengaruhi pencernaan nutrisi sesuai dengan bentuk biomassa, proses pengolahan, dan level inklusi. Efektivitas mikroalga sangat dipengaruhi oleh bentuk bahan, level inklusi, dan metode pengolahan. Chlorella memiliki dinding sel yang relatif kuat sehingga nutrienya perlu dibuat lebih mudah tersedia melalui pengolahan. Inklusi Arthrospira platensis pada level tinggi dapat mengganggu performa karena meningkatkan viskositas usus, tetapi proses ekstrusi dapat membantu mengurangi dampak negatif tersebut (Costa et al., 2024). Fungsi imun broiler juga dapat didukung oleh suplementasi mikroalga. Spirulina platensis dapat menurunkan profil sitokin proinflamasi pada broiler yang diberi diet rendah protein (Mullenix et al., 2021). Chlorella juga dapat meningkatkan respons imun, mikroflora usus, dan morfologi mukosa intestinal pada broiler (Kang et al., 2017). Namun, efek mikroalga tidak selalu konsisten pada semua penelitian. Perbedaan respons dapat terjadi karena dosis, umur ayam, strain broiler, komposisi diet basal, lama pemberian, kombinasi probiotik, dan kondisi pemeliharaan. Suplementasi Chlorella vulgaris dan probiotik berpotensi memperbaiki performa tanpa menyebabkan perubahan besar pada imunitas dan mikrobiota sekum (Dinalli et al., 2025). Secara integratif, Chlorella dan Spirulina lebih tepat diposisikan sebagai functional feed additives, bukan hanya sebagai sumber protein alternatif. Chlorella cenderung berperan dalam memperkuat barrier usus dan keseimbangan mikrobiota, sedangkan Spirulina cenderung berperan dalam mengatur inflamasi, meningkatkan status antioksidan, dan mendukung respons imun. Dengan demikian, kedua mikroalga tersebut dapat mendukung efisiensi produksi broiler, terutama dalam sistem pemeliharaan intensif yang menuntut pengurangan penggunaan antibiotic growth promoter. Kajian ini dirancang sebagai *systematic literature review* yang bertujuan untuk mengevaluasi efek protein sel tunggal berbasis Chlorella dan Spirulina terhadap kinerja pertumbuhan, integritas usus, dan fungsi kekebalan pada ayam broiler. Secara khusus, penelitian ini berupaya untuk mensintesis bukti yang tersedia mengenai efisiensi produksi, struktur dan fungsi usus, hasil yang berhubungan dengan mikroba dan penghalang, biomarker imun, dan respons terhadap tantangan fisiologis atau terkait penyakit. Dengan mengidentifikasi temuan yang konsisten, hasil yang bertentangan, keterbatasan metodologi, dan prioritas penelitian di masa depan, tinjauan ini diharapkan dapat mendukung penggunaan mikroalga yang lebih tepat dalam nutrisi ayam pedaging. Hal ini juga dapat membantu menentukan apakah Chlorella dan Spirulina paling baik digunakan sebagai aditif pakan fungsional, pengganti protein parsial, bahan pendukung kekebalan tubuh, modulator kesehatan usus, atau alat terintegrasi untuk produksi unggas berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Metode analisis literatur pada penelitian ini menggunakan *Prefferes Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA) dengan tujuan proses tinjauan literatur secara transparan dan sistematis. Peneliti menyusun pertanyaan kajian dengan kerangka



Pengaruh terhadap Performa Broiler

839

gain secara linear. Herath et al. (2023) juga menyimpulkan bahwa *Spirulina* meningkatkan *weight gain* dan memperbaiki *FCR* berdasarkan hasil meta-analisis. Pada *Chlorella*, An et al. (2016) menunjukkan bahwa *dried Chlorella vulgaris powder* pada level 0,15% dan 0,5% meningkatkan *final body weight* dan *daily weight gain*. Kang et al. (2013) juga menemukan bahwa berbagai bentuk *Chlorella* meningkatkan *body weight gain* dibandingkan kontrol. Pada *feed intake*, Pestana et al. (2020) dan Bošković Cabrol et al. (2024) menunjukkan bahwa level tinggi *Spirulina* atau *Chlorella* dapat menurunkan konsumsi pakan. Park et al. (2018) menunjukkan bahwa *Spirulina* memperbaiki *feed conversion* pada broiler. An et al. (2016) menunjukkan bahwa 0,5% *dried Chlorella vulgaris powder* memperbaiki *FCR*. Roques et al. (2022) menambahkan bahwa 0,8% *Chlorella vulgaris* menurunkan *FCR* yang telah dikoreksi berdasarkan bobot badan. Pada mortalitas, An et al. (2016) melaporkan bahwa suplementasi *Chlorella* tidak memengaruhi mortalitas secara nyata. Yalçinkaya et al. (2025) juga menunjukkan bahwa suplementasi *Spirulina* pada diet rendah protein menghasilkan tingkat mortalitas yang rendah..

Morfologi dan Integritas Usus

Chlorella vulgaris dan *Spirulina platensis* dapat memengaruhi kesehatan usus broiler melalui perbaikan struktur mukosa, penguatan barrier intestinal, dan modulasi respons imun. Omar et al. (2022) menunjukkan bahwa fikosianin *Spirulina* meningkatkan *villus height*, *villus height-to-crypt depth ratio*, dan jumlah *goblet cell* pada beberapa segmen usus halus. Khan et al. (2020) juga menunjukkan bahwa suplementasi *Spirulina* meningkatkan panjang vili dan jumlah *goblet cell*. Lee et al. (2023) melaporkan bahwa suplementasi 0,5% *Chlorella vulgaris* tidak mengubah *villus height*, *crypt depth*, dan *villus-to-crypt ratio* pada broiler umur 10 hari. Namun, suplementasi tersebut meningkatkan ekspresi *occludin* dan *avian β -defensin 5*. Hasil ini menunjukkan bahwa *Chlorella* dapat memperbaiki integritas barrier usus pada tingkat molekuler, meskipun perubahan histomorfologi belum terlihat secara nyata. Roques et al. (2022) menemukan bahwa suplementasi 0,8% *Chlorella vulgaris* menurunkan haptoglobin dan interleukin-13, tetapi tidak mengubah histomorfologi jejunum secara nyata. Mirzaie et al. (2020) menunjukkan bahwa pemberian 10 g/kg *Chlorella by-product* meningkatkan *villus height* dan *crypt depth*. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa *Chlorella* dapat bekerja melalui jalur imunologis dan barrier sebelum perubahan struktur vili terlihat secara histologis.

Kekebalan Tubuh dan Respon Peradangan

Mikroalga mengandung komponen bioaktif, seperti polisakarida, fikosianin, karotenoid, vitamin, mineral, dan senyawa fenolik, yang dapat mendukung aktivitas sel imun serta menekan stres oksidatif. Omar et al. (2022) menunjukkan bahwa suplementasi fikosianin dari *Spirulina platensis* menurunkan ekspresi TNF- α dan caspase-3 pada jaringan broiler. An et al. (2016) melaporkan bahwa suplementasi *dried Chlorella vulgaris powder* dan *Chlorella growth factor* meningkatkan kadar IgG dan IgM serum pada beberapa level perlakuan. Namun, suplementasi tersebut tidak meningkatkan titer antibodi terhadap vaksin *Newcastle disease virus* dan *infectious bronchitis virus* secara konsisten. Mirzaie et al. (2020) suplementasi *Chlorella by-product* sebanyak 10 g/kg meningkatkan titer antibodi terhadap *sheep red blood cells*, IgG, dan respons hipersensitivitas kulit. Awad et al. (2023) suplementasi *Spirulina platensis* meningkatkan respons imun broiler terhadap beberapa vaksin dan menurunkan *viral shedding* setelah tantangan *virulent Newcastle disease virus*. Abdelfatah et al. (2024) suplementasi *Spirulina platensis* mendukung indikator imun, status antioksidan, mikrobiota usus, dan gambaran histopatologi organ pada broiler. Namun, An et al. (2016) *Chlorella* tidak selalu mengubah bobot relatif limpa dan bursa of Fabricius. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa efek mikroalga

terhadap organ imun tidak selalu terlihat melalui peningkatan bobot organ, tetapi dapat muncul melalui peningkatan fungsi imunoglobulin, respons antibodi, dan regulasi inflamasi. *Chlorella vulgaris* lebih menonjol dalam peningkatan imunoglobulin, titer antibodi terhadap antigen nonspesifik, dan respons imun humoral dasar. *Spirulina platensis* lebih menonjol dalam regulasi sitokin proinflamasi, peningkatan status antioksidan, dukungan terhadap respons vaksin, dan perlindungan terhadap stres imunologis.

IV.KESIMPULAN

Chlorella dan *Spirulina* berbasis single cell protein berpotensi mendukung performa pertumbuhan, integritas usus, dan fungsi imun broiler. Kedua mikroalga tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sumber protein alternatif, tetapi juga sebagai *functional feed additive*. Suplementasi *Chlorella* dan *Spirulina* pada dosis rendah sampai sedang cenderung meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pakan, pencernaan nutrisi, kesehatan mukosa usus, keseimbangan mikrobiota, dan respons imun. Namun, penggunaan pada dosis tinggi dapat menurunkan performa karena keterbatasan pencernaan, dinding sel mikroalga, perubahan palatabilitas, dan peningkatan viskositas digesta. Temuan ini menegaskan bahwa manfaat mikroalga bersifat dose-dependent, sehingga peningkatan dosis tidak selalu menghasilkan efek yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfatah, S. H., Yassin, A. M., Khattab, M. S., Abdel-Razek, A. S., Fadl, S. E., & 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, 11. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03858-z>
- Alagbe, E. O., Schulze, H., & Adeola, O. (2024). Dietary *Spirulina* effects in *Eimeria*-challenged broiler chickens: Growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, serum biomarkers, and gene expression. *Journal of Animal Science*, 102, skae186. <https://doi.org/10.1093/jas/skae186>
- An, B.-K., Kim, K.-E., Jeon, J.-Y., & Lee, K. W. (2016). Effect of dried *Chlorella vulgaris* and *Chlorella* growth factor on growth performance, meat qualities and humoral immune responses in broiler chickens. *SpringerPlus*, 5, 718. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2373-4>
- Awad, A. M., Sedeik, M. E., Salaheldin, A. H., Goda, W. M., & El-Shall, N. A. (2023). Evaluating the effect of *Spirulina platensis* on the immune response of broiler chickens to various vaccines and virulent Newcastle disease virus challenge. *Research in Veterinary Science*, 164, 105012. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105012>
- Bošković Cabrol, M., Huerta, A., Bordignon, F., Pravato, M., Birolo, M., Petracci, M., Xiccato, G., & Trocino, A. (2024). Dietary supplementation with *Chlorella vulgaris* in broiler chickens submitted to heat-stress: Effects on growth performance and meat quality. *Poultry Science*, 103(7), 103828. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103828>
- Costa, M. M., Spínola, M. P., Tavares, B., Pestana, J. M., Tavares, J. C., Martins, C. F., Alfaia, C. M., Carvalho, D. F. P., Mendes, A. R., Ferreira, J. I., Mourato, M. P., Lordelo, M. M., & Prates, J. A. M. (2024). Effects of high dietary inclusion of *Arthrospira platensis*, either extruded or supplemented with a super-dosing multi-enzyme mixture, on broiler growth performance and major meat quality parameters. *BMC Veterinary Research*, 20, 176. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04027-6>

- Dinalli, V. P., Costa, M. C., Venâncio, E. J., Barbosa Filho, J. A., Bessegatto, J. A., Holkem, A. T., Alfieri, A. A., da Silva, C. A., & Oba, A. (2025). Impact of *Chlorella vulgaris* and probiotic supplementation on performance, immunity and intestinal microbiota of broiler chickens. *PLOS ONE*, 20(1), e0313736. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313736>
- Herath, H. M. U. L., Jayawardana, B. C., Fernando, P. D. S. M., & 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>
- Kang, H. K., Park, S. B., & Kim, C. H. (2017). Effects of dietary supplementation with a *Chlorella* by-product on the growth performance, immune response, intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(2), 208–214. <https://doi.org/10.1111/jpn.12566>
- Lee, J. Y., Yoon, J. H., An, S. H., Cho, I. H., Lee, C. W., Jeon, Y. J., Joo, S. S., Ban, B. C., Lee, J.-Y., Jung, H. J., Kim, M., Kim, Z.-H., Jung, J. Y., Kim, M., & Kong, C. (2023). Intestinal immune cell populations, barrier function, and microbiomes in broilers fed a diet supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Animals*, 13(14), 2380. <https://doi.org/10.3390/ani13142380>
- Mirzaie, S., Sharifi, S. D., & Zirak-Khattab, F. (2020). The effect of a *Chlorella* by-product dietary supplement on immune response, antioxidant status, and intestinal mucosal morphology of broiler chickens. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1771–1777. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02093-5>
- Mullenix, G. J., Greene, E. S., Emami, N. K., Tellez-Isaias, G., Bottje, W. G., Erf, G. F., Kidd, M. T., & Dridi, S. (2021). *Spirulina platensis* inclusion reverses circulating pro-inflammatory (chemo)cytokine profiles in broilers fed low-protein diets. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 640968. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.640968>
- Omar, A. E., Al-Khalaifah, H. S., Osman, A., Gouda, A., Shalaby, S. I., Roushdy, E. M., Abdo, S. A., Ali, S. A., Hassan, A. M., & Amer, S. A. (2022). Modulating the growth, antioxidant activity, and immunoexpression of proinflammatory cytokines and apoptotic proteins in broiler chickens by adding dietary *Spirulina platensis* phycocyanin. *Antioxidants*, 11(5), 991. <https://doi.org/10.3390/antiox11050991>
- Park, J. H., Lee, S. I., & 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., & 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>
- Roques, S., Koopmans, S.-J., Mens, A., van Harn, J., van Krimpen, M., & Kar, S. K. (2022). Effect of feeding 0.8% dried powdered *Chlorella vulgaris* biomass on growth performance, immune response, and intestinal morphology during grower phase in broiler chickens. *Animals*, 12(9), 1114. <https://doi.org/10.3390/ani12091114>

Radius Falah R, Sugesti M : Pengaruh Protein Sel Tunggal Berbasis Chlorella dan Spirulina terhadap Performa, Integritas Usus, dan Kekebalan Tubuh Broiler: Tinjauan Pustaka Sistematis

Yalçınkaya, H., Yalçın, S., Ramay, M. S., Onbaşlar, E. E., Bakır, B., Erbay Elibol, F. K., Yalçın, S., Shehata, A. A., & Basiouni, S. (2025). Evaluation of *Spirulina platensis* as a feed additive in low-protein diets of broilers. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(1), 24. <https://doi.org/10.3390/ijms26010024>.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
08 Juni 2026	16 Juni 2026	23 Juni 2026	Ya