

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap BAL di Ileum Ayam Broiler

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enkapsulasi ekstrak *Spirogyra* sp. pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap total BAL ileum ayam broiler (Tabel 4). Hasil analisis Duncan menunjukkan bahwa total BAL pada T4 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T3, tetapi nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0, T1 dan T2. Total BAL pada T3 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T1 dan T4, tetapi nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0 dan T2. Total BAL pada T0 dan T2 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T1, tetapi nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T3 dan T4. Analisis statistik secara lengkap tertera pada Lampiran 1.

Tabel 4. Total BAL Ileum Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan				Rata - rata
	1	2	3	4	
	----- (Log CFU/g) -----				
T0	6,63	6,76	6,26	7,00	6,66 ^c
T1	7,56	6,67	6,58	7,70	7,13 ^{bc}
T2	7,15	6,59	6,51	6,67	6,73 ^c
T3	7,18	7,63	7,45	7,71	7,49 ^{ab}
T4	7,71	7,85	8,08	7,58	7,80 ^a

^{a,b,c}Superskrip yang berbeda pada kolom sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Total BAL pada T4 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T3, dikarenakan level 0,6 dan 0,9% ketika di dalam usus halus dimanfaatkan secara maksimal.

Enkapsulat pada T4 kemungkinan tidak semua dihidrolisis di dalam usus halus, sehingga sebagian yang termanfaatkan dan sisanya dibawa ke sekum atau keluar bersama ekskreta. Bentuk enkapsulat tidak serta merta dapat dimanfaatkan atau dicerna oleh enzim karbohidrat. Efektivitas ukuran kapsul mampu membatasi laju pencernaan dengan memperkecil aksesibilitas enzim terhadap substrat di dalam saluran pencernaan (Gupta dan Ghosh, 2021). Total BAL pada T4 nyata ($p<0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0, T1 dan T3, hal ini dipengaruhi jumlah flavonoid yang terkandung di dalam ekstrak *Spirogyra* sp. Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan dan antibakteri untuk meningkatkan sekresi mucus, sehingga total BAL kuat menempel di sepanjang mukosa usus (Wahidah *et al.*, 2019). Flavonoid yang masuk ke usus halus tidak sepenuhnya dicerna, sehingga sebagian besar mencapai sekum atau usus besar dan berinteraksi dengan bakteri lain. Bakteri asam laktat melakukan proses biotransformasi melalui reaksi seperti hidrolisis, reduksi dan dehidroksilasi yang memecah struktur flavonoid menjadi senyawa yang lebih sederhana (Luthfi *et al.*, 2019). Proses ini menghasilkan metabolit fenolik yaitu molekul fenol berukuran kecil yang lebih mudah diserap dan memiliki aktivitas biologis lebih tinggi. Metabolik fenolik berperan sebagai antioksidan kuat yang mendukung pertumbuhan BAL di ileum.

Jumlah BAL pada hasil penelitian perlakuan T0 dan T2 nyata ($p<0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T3 dan T4, dikarenakan T0 adalah perlakuan kontrol atau tanpa penambahan enkapsulasi ekstrak *Spirogyra* sp. (EES) sedangkan T2 pemberian EES hanya 0,3% (lebih rendah). Semakin tinggi kadar ekstrak *Spirogyra* sp. (ES) dan EES yang diberikan akan mempengaruhi jumlah BAL di ileum, karena

pada *Spirogyra* sp. mengandung senyawa aktif saponin, polifenol dan flavonoid (Mesbahzadeh *et al.*, 2018). Total BAL di ileum yang rendah bersinergi dengan level atau asupan flavonoid yang rendah. Kondisi ini berpengaruh terhadap ileum ayam dan berakibat terhadap lingkungan yang tidak sehat.

Total BAL pada T1 tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan T0 dan T2, dikarenakan T1 dalam bentuk ekstrak. Ekstrak bahan aktif seringkali memberikan hasil yang kurang efektif ketika di dalam saluran pencernaan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh degradasi zat aktif yang terjadi sebelum zat tersebut mencapai target yaitu usus (Fenita *et al.*, 2024). Ekstrak *Spirogyra* sp. yang tidak dienkapsulasi akan mengalami degradasi atau pencernaan kimiawi pada organ proventrikulus oleh enzim HCl dan pepsin sehingga tidak dapat menuju usus seluruhnya (Marcone *et al.*, 2020).

4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap total *Coliform* di Ileum Ayam Broiler

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. pada ransum berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap total *Coliform* pada ileum ayam broiler. Hasil analisis Duncan menunjukkan bahwa total *Coliform* pada T4 tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan T3, tetapi nyata ($p<0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T0, T1 dan T2. Total *Coliform* pada T3 tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan T2 dan T4, tetapi nyata ($p<0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T0 dan T1. Total *Coliform* pada T0 dan T1 tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan T2, tetapi nyata ($p<0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T3 dan T4. Analisis statistik secara lengkap tertera pada Lampiran 2.

Tabel 5. Total *Coliform* pada Ileum Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan				Rata - rata
	1	2	3	4	
	------(Log CFU/g)-----				
T0	4,30	4,71	4,85	4,69	4,64 ^a
T1	4,38	4,71	4,00	4,30	4,35 ^a
T2	4,75	4,32	4,00	4,00	4,27 ^{ab}
T3	3,85	3,72	4,00	3,53	3,78 ^{bc}
T4	4,18	3,00	3,90	3,62	3,68 ^c

Superskrip yang berbeda pada kolom sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Total *Coliform* pada T4 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T3, dikarenakan level 0,6 dan 0,9% ketika di dalam usus halus dimanfaatkan secara maksimal. Hubungan antara total BAL dan jumlah *Coliform* di usus halus ayam broiler merupakan hubungan yang berbanding terbalik, artinya semakin tinggi populasi BAL, maka total *Coliform* menjadi semakin rendah. Total *Coliform* pada T3 dan T4 yang rendah karena total BAL tinggi. Hal ini dikarenakan BAL memiliki kemampuan menempel pada reseptor di mukosa usus. Jika populasi BAL tinggi, seluruh permukaan dinding usus akan tertutupi oleh BAL. Bakteri *Coliform* (seperti *E. coli*) tidak mendapatkan tempat untuk menempel (kolonisasi). Karena tidak bisa menempel, *Coliform* akan terbawa oleh aliran kimus (makanan yang dicerna) dan keluar melalui ekskresi (feses). Bakteri asam laktat memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat. Hal ini menurunkan pH (meningkatkan keasaman) di usus halus. *Coliform* sangat sensitif terhadap pH asam dan pertumbuhannya akan terhambat atau mati (Sukmawati dan Wahyuni, 2019).

Total *Coliform* pada T4 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T1, T2 dan T0 karena jumlah flavonoid yang diberikan lebih tinggi. Ekstrak

Spirogyra sp. mengandung senyawa fitokimia seperti flavonoid dan polifenol. Flavonoid berfungsi sebagai antibakteri. Tanpa enkapsulasi, senyawa ini bisa rusak oleh asam lambung di proventrikulus dan gizzard sebelum mencapai usus halus. Enkapsulat menjamin senyawa antibakteri tetap utuh dan terlindungi hingga di usus, dimana *Coliform* banyak berkembang biak (Wati *et al.*, 2018). Flavonoid yang terlepas dari enkapsulat merangsang sel goblet di mukosa usus untuk memproduksi mukus lebih banyak, sehingga BAL dapat menempel lebih kuat di sepanjang dinding usus halus. Hal ini menciptakan fenomena eksklusi kompetitif, dimana BAL menguasai situs perlekatan sehingga *Coliform* tidak memiliki tempat untuk berkolonisasi (Fitriliyani, 2017).

Total *Coliform* pada T0 nyata ($P < 0,05$) lebih tinggi dari T1 dan T2 dikarenakan T0 merupakan ransum basal tanpa ES, T1 ransum basal dengan ES kadar 0,9% dan T2 ransum basal dengan EES 0,3%. Hubungan antar ekstrak level tinggi dengan enkapsulasi level rendah menghasilkan hasil yang sama karena karena adanya peran perlindungan dan pelepasan terkendali dari bahan penyalut. Tanpa enkapsulasi, flavonoid pada ekstrak murni rentan terdegradasi oleh asam lambung ayam dan dilepaskan secara instan sehingga kurang efisien dalam menjangkau seluruh saluran pencernaan (Septiari dan Rosyidi, 2021). Sebaliknya, bahan penyalut pada enkapsulasi berfungsi sebagai pelindung yang memastikan senyawa aktif sampai ke usus halus secara utuh, dilepaskan secara bertahap untuk menjaga stabilitas konsentrasi antibakteri, sekaligus bertindak sebagai nutrisi tambahan bagi BAL yang memperkuat penekanan populasi *Coliform* melalui mekanisme *competition exclusion* (Natsir *et al.*, 2016).

Total *Coliform* pada T0 dan T1 tidak nyata ($p>0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T3 dan T4 karena enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. terbukti lebih efektif menekan populasi *Coliform* dibandingkan ekstrak murni atau tanpa perlakuan karena adanya mekanisme perlindungan ganda dan pelepasan yang terencana. Bahan penyalut berfungsi sebagai pelindung yang menjaga senyawa antibakteri seperti flavonoid dari degradasi asam lambung (proventrikulus dan gizzard), sehingga senyawa tersebut mencapai usus halus dalam konsentrasi yang jauh lebih tinggi dan utuh. Selain itu, enkapsulasi memungkinkan melakukan pelepasan senyawa aktif secara bertahap (*controlled release*) di sepanjang saluran usus, yang menjamin konsentrasi antibakteri tetap stabil sekaligus menyediakan substrat prebiotik dari bahan penyalut untuk dapat meningkatkan populasi BAL (Septiari dan Rosyidi, 2021). Sinergi ini menciptakan mekanisme eksklusif kompetitif dan produksi asam organik yang lebih kuat, sehingga populasi *Coliform* dapat ditekan secara lebih maksimal dibandingkan pemberian ekstrak murni yang cenderung rusak di awal pencernaan atau dilepaskan secara instan tanpa dukungan stimulasi mikroflora baik (Natsir *et al.*, 2016).

4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap pH di Ileum Ayam Broiler

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. pada ransum berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap pH ileum ayam broiler. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa pH pada pH ileum pada T2, T3 dan T4 nyata ($p<0,05$) lebih rendah dengan T0 dan T1. pH ileum pada T1 nyata ($p<0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T2, T3 dan T4 dan lebih rendah dari T0. pH ileum

pada T0 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T2, T3 dan T4 dan T1.

Analisis statistik pH ileum tertera pada Lampiran 3.

Tabel 6. pH Ileum Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan				Rata - rata
	1	2	3	4	
T0	7,42	7,16	6,91	7,13	7,16 ^a
T1	6,93	7,10	7,05	6,6	6,92 ^b
T2	6,91	6,93	6,63	6,6	6,77 ^c
T3	6,76	6,71	6,61	6,81	6,72 ^c
T4	6,87	6,77	6,72	6,62	6,75 ^c

Superskrip yang berbeda pada kolom sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

pH ileum pada T2, T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dengan T0 dan T1, hal ini dikarenakan adanya ekstrak yang berperan sebagai antioksidan dan antibakteri. Efek dari antioksidan dan antibakteri berkaitan dengan pH, total BAL dan *Coliform*. Perlakuan EES berperan sebagai sistem pengantar senyawa bioaktif yang efektif menuju ileum, melindungi zat aktif dari degradasi asam lambung sehingga dapat dilepaskan secara optimal di usus halus (Saragih *et al.*, 2019). pH ileum pada T2, T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T0. Hal ini didukung total BAL pada T3 dan T4 (Tabel 4) yang lebih tinggi dibandingkan dengan T0. Ketersediaan senyawa bioaktif yang tinggi di ileum memicu peningkatan signifikan pada populasi BAL, yang melalui proses fermentasi menghasilkan asam laktat untuk menurunkan pH lingkungan usus. Kondisi pH yang rendah ini menciptakan lingkungan mikro yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan *Coliform*, sehingga menekan populasi bakteri patogen tersebut melalui mekanisme eksklusi kompetitif (Wati *et al.*, 2018). Hubungan sinergis ini

menciptakan ekosistem usus yang sehat, yang pada akhirnya mendukung integritas vili ileum untuk penyerapan nutrisi yang lebih efisien.

pH ileum pada T1 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T2, T3 dan T4 dan lebih rendah dari T0. Nilai pH ileum pada perlakuan ekstrak murni ditemukan lebih rendah dibandingkan kontrol, namun masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan EES. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pemberian ekstrak mampu menstimulasi aktivitas BAL untuk memproduksi asam organik, efektivitasnya tidak seoptimal EES karena senyawa flavonoid tanpa perlindungan enkapsulasi cenderung mengalami degradasi sebagian di saluran pencernaan bagian proventrikulus sebelum mencapai ileum (Natsir *et al.*, 2016). Sebaliknya, teknologi enkapsulasi memastikan pelepasan senyawa aktif secara tepat sasaran di ileum, menghasilkan asidifikasi lingkungan mikro yang lebih kuat melalui peningkatan populasi BAL yang lebih masif (Wati *et al.*, 2018).

pH ileum pada T0 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T2, T3 dan T4 dan T1. Nilai pH ileum yang cenderung mendekati netral pada perlakuan tanpa *Spirogyra* sp. dan ekstrak tanpa enkapsulasi mencerminkan kondisi fisiologis alami ayam di mana sistem penyangga bikarbonat mendominasi lingkungan usus. Perlakuan ekstrak tanpa enkapsulasi, diduga terjadi degradasi senyawa bioaktif oleh asam lambung sebelum mencapai ileum, sehingga gagal menstimulasi populasi BAL secara optimal (Septiari dan Rosyidi, 2021). Rendahnya populasi BAL menyebabkan minimnya produksi asam organik (asam laktat), sehingga tidak terjadi penurunan pH yang signifikan seperti yang ditemukan pada perlakuan

enkapsulasi. Kondisi pH yang mendekati netral ini merupakan cerminan dari tidak adanya intervensi agen asidifikasi di area usus halus tersebut

4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Panjang dan Bobot Relatif di Ileum Ayam Broiler

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap panjang dan bobot relatif ileum pada ayam broiler. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa panjang dan bobot relatif ileum pada T1, T2, T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0. Hasil sebaliknya, bahwa panjang dan bobot relatif ileum pada T0 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Analisis statistik panjang dan bobot ileum tertera pada Lampiran 5 dan 7.

Tabel 7. Panjang dan Bobot Relatif Ileum pada Ayam Broiler

Perlakuan	Parameter	
	Panjang Ileum	Bobot Ileum
	--(cm/kg)--	--(%)--
T0	34,07 ^b	0,81 ^b
T1	38,11 ^a	0,92 ^a
T2	37,59 ^a	0,90 ^a
T3	38,17 ^a	0,93 ^a
T4	38,12 ^a	0,92 ^a

Superskrip yang berbeda pada kolom sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Panjang dan bobot relatif ileum pada T1, T2, T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0. Hal ini didukung dengan panjang vili ileum pada T1, T2, T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0 (Tabel 7). Peningkatan bobot dan panjang ileum merupakan manifestasi dari kesehatan pencernaan yang dipengaruhi secara langsung oleh perkembangan morfologi vili.

Bertambahnya bobot ileum mencerminkan peningkatan densitas sel penyusun vili dan jaringan mukosa yang lebih masif, sedangkan pertambahan panjangnya menunjukkan pertumbuhan organ yang optimal berkat efisiensi penyerapan nutrisi oleh vili (Natsir *et al.*, 2016). Rasio bobot terhadap panjang yang meningkat menjadi indikator penting adanya penebalan dinding usus akibat struktur vili yang lebih padat dan tinggi, yang secara keseluruhan menandakan kondisi saluran pencernaan yang sehat dan berfungsi secara maksimal. Peningkatan panjang dan bobot relatif ileum merupakan respon usus untuk memaksimalkan penyerapan nutrisi (Ananda *et al.*, 2023). *Spirogyra* sp. mengandung flavonoid yang secara tidak langsung dapat menambah bobot relatif ileum karena menciptakan kondisi optimal di ileum (Kumari *et al.*, 2020). Flavonoid berfungsi mengurangi peradangan pada dinding usus yang disebabkan oleh bakteri patogen atau stress, dimana ketika peradangan berkurang, maka energi tubuh yang seharusnya digunakan untuk melawan infeksi atau kerusakan akan dialihkan untuk pertumbuhan termasuk pertumbuhan struktural ileum (Aditi *et al.*, 2020).

Panjang dan bobot relatif ileum pada T0 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan EES panjang dan bobot relatif ileum tidak optimal dalam pertumbuhannya karena tidak mendapatkan manfaat tambahan dari senyawa bioaktif yang terkandung di *Spirogyra* sp. juga dapat dilihat dari perlakuan yang menambahkan EES, panjang dan bobot relatif dapat bertambah optimal. Perlakuan kontrol tidak ada penambahan EES yang dapat berfungsi sebagai antimikroba sehingga tidak dapat menghambat bakteri patogen. Keberadaan bakteri patogen ini

dapat memicu inflamasi (peradangan) ringan pada dinding usus yang dapat menghambat peningkatan panjang dan bobot karena energi yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan (pembentukan vili dan penyerapan nutrisi) justru dialihkan untuk melawan peradangan (Sarwiyono *et al.*, 2020).

4.6. Pengaruh Perlakuan terhadap Bobot Hidup Ayam Broiler

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) bobot hidup ayam broiler. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa bobot hidup pada T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0, T1 dan T2. Hasil sebaliknya, bobot hidup pada T0, T1 dan T2 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T3 dan T4. Analisis statistik bobot hidup tertera pada Lampiran 8.

Tabel 8. Bobot Hidup pada Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan				Rata-rata
	1	2	3	4	
	------(kg)-----				
T0	1,820	1,925	1,996	1,905	1,911 ^b
T1	2,015	1,965	1,960	1,970	1,965 ^b
T2	2,005	1,977	1,935	1,950	1,972 ^b
T3	2,050	2,000	2,007	2,109	2,044 ^a
T4	2,045	2,074	2,064	2,130	2,079 ^a

Superskrip yang berbeda pada kolom sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Bobot hidup ayam broiler pada T3 dan T4 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T3, hal ini dikarenakan penambahan EES yang semakin tinggi. Kandungan flavonoid pada *Spirogyra* sp. dapat meningkatkan populasi BAL, menurunkan pH, merangsang pertumbuhan panjang vili ileum sehingga

memperluas permukaan penyerapan nutrisi. Efisiensi penyerapan nutrisi yang optimal menjadi faktor peningkatan bobot badan ayam broiler (Natsir *et al.*, 2016). Peningkatan panjang vili yang dipicu oleh aktivitas BAL dapat berpengaruh terhadap perluasan vili, sehingga penyerapan nutrisi dapat maksimal. Selain itu, kondisi pH ileum yang asam dan rendahnya populasi *Coliform* meminimalkan energi yang terbuang untuk pemeliharaan kesehatan usus (*maintenance*), sehingga energi dari ransum dapat dialokasikan sepenuhnya untuk pertumbuhan bobot badan. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. mampu menciptakan efisiensi pemanfaatan nutrisi yang lebih baik pada ayam broiler (Septiari dan Rosyidi, 2021).

Bobot hidup ayam broiler pada T0, T1 dan T2 nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan T3 dan T4, hal ini didukung total BAL (Tabel 4) yang rendah serta *Coliform* (Tabel 5) dan pH (Tabel 6) yang tinggi. Meskipun perlakuan EES dengan dosis 0,3% tidak memberikan perbedaan nyata pada bobot hidup dibandingkan tanpa enkapsulat dan tanpa perlakuan, hal ini diduga karena kondisi lingkungan pemeliharaan yang optimal sehingga tekanan bakteri patogen berada pada level minimal (Wati *et al.*, 2018). Namun, jika ditinjau dari parameter panjang vili dan populasi BAL, perlakuan EES memberikan tren perbaikan kesehatan usus yang lebih stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa teknologi enkapsulasi lebih berperan dalam menjaga integritas fungsional usus dan efisiensi metabolisme internal, meskipun potensi genetik pertumbuhan ayam pada kedua kelompok telah mencapai batas optimalnya (Natsir *et al.*, 2016).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Penambahan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. sebanyak 0,6% pada ransum dapat meningkatkan bobot hidup, total BAL, panjang dan bobot relatif ileum serta menurunkan total *Coliform* dan pH ileum ayam broiler.

5.2. Saran

Penggunaan enkapsulat ekstrak *Spirogyra* sp. sebanyak 0,6% dapat diterapkan ke peternak ayam broiler sebagai imbuhan ransum dengan melakukan kerja sama dengan mitra industri pakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditi, S., S. S. Shahi dan P. Kumar. 2020. Microalgae as a source of bioactive compounds and their role in animal nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(5): 1245-1258.
- Adli, D. N., O. Sjoftan dan A. Irawan. 2022. Efek fitobiotik terhadap mikroflora usus dan performa ayam broiler. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 5(1): 12-25.
- Agusetyaningsih, I., E. Widiastuti, H. I. Wahyuni, T. Yudiarti, R. Murwani, T. A. Sartono dan S. Sugiharto. 2022. Effect of encapsulated leaf extract on the physiological conditions, immune competency, and antioxidative status of broilers at high stocking density. *Jurnal Annals Animal Science*. 22(2): 653-662.
- Agustin, D. A. dan A. A. Wibowo. 2021. Teknologi enkapsulasi teknik dan aplikasinya. *Jurnal Teknologi Separasi*. 7(2): 202-209.
- Ahmed. S. Dwaish., D. Y. M. Y and S. N. L. 2016. Use of *Spirogyra* sp. extract against multidrug resistant bacterial pathogens. *International Journal Advanced Research*. 4(4): 144–149.
- Ananda, A. S., N. G. A. M. L. Dewi dan I. M. Mudita. 2023. Pengaruh penggunaan ekstrak tanaman herbal tereduksi dalam ransum terhadap populasi mikroba usus halus ayam broiler. *Jurnal Peternakan Tropikal*. 11(1): 45-56.
- Andriani, R., Syahrudin, M. Sayuti dan S. I. Gubali. 2022. Kandungan protein kasar, serat kasar dan energi formulasi ransum burung puyuh petelur yang ditambahi tepung daun kelor (*Moringa oleifera lam.*). *Gorontalo Jurnal of Equatorial Animals*. 1(2): 93–98.
- Anggita sari, S., O. Sjoftan dan I. H. Djunaidi. 2016. Pengaruh beberapa jenis pakan komersial terhadap kinerja produksi kuantitatif dan kualitatif ayam pedaging. *Jurnal Buletin Peternakan*. 40(3): 187-196.
- Anu, Y., C. L. Nalle dan C. Sabuna. 2024. Growth performance of broilers fed basal diets with different nutrient content and added with enzyme. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 12(2): 172-183.
- Aviagen. 2022. Ross Management Guide 308 Broiler Performance Objective. Aviagen Group, Alabama.

- Baniyah, L., S. N. Jannah dan M. I. Rukmi. 2017. Keragaman bakteri asam laktat secara molekuler pada ileum dan sekum ayam broiler yang diberi pakan prebiotik bekatul dan bekatul hasil fermentasi. *Jurnal Akademika Biologi*. 6(3): 38-49.
- Bolton, W. 1967. *Poultry Nutrition*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
- Champa, P., N. Whangchai, S. Jaturonglumlert, N. Nakao dan K. Whanchai. 2015. Determination of phytochemical compound from *Spirogyra* sp. using ultrasonic assisted extraction. *International Journal of Geomate*. 11(24): 2391 –2396.
- Churriyah, A. N. M. dan A. S. Indah. 2024. Morfometri usus halus ayam kampung hasil injeksi asam amino glutamin dengan pelarut yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*. 6(3): 194-199.
- Dael, M. M., I. T. Maha, F. A. Amalo dan H. Nitbani. 2021. Morfologi anatomi dan histologi esofagus dan proventrikulus ayam hutan hijau (*Gallus varius*) asal Pulau Alor. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 9(3): 291-310.
- Firdausya, A. N., N. Hilmia dan D. Garnida. 2021. Evaluasi performa produksi telur pada parent stock ayam broiler strain Cobb dan Ross di PT. Charoen Pokphand Jaya Farm Unit Purwakarta. *Jurnal Produksi Ternak Terapan*. 2(2): 39-45.
- Fitriadi, F. 2018. Optimasi pembuatan pakan ternak dari limbah cangkang telur untuk peningkatan produktivitas pelaku UMKM peternak ayam potong. *Jurnal Optimalisasi*. 3(4): 2477-5479.
- Fitriliyani, I. 2017. Evaluasi penambahan probiotik dan prebiotik (sinbiotik) terhadap populasi bakteri saluran pencernaan ayam broiler. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 18(2): 22-50.
- Gaspersz, V. 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. Amrico, Bandung.
- Gloriana, E. M. dan L. Sagita. 2021. Karakterisasi flavonoid daun kitolod dengan metode maserasi dan enkapsulasi. *Jurnal Chempro*. 2(2): 44-51.
- Gouda, M., A. E. D. Bekhit, Y. Tang, Y. Huang, L. Huang, Y. He and X. Li. 2021. Recent innovations of ultrasound green technology in herbal phytochemistry. *Journal Ultrasonics Sonochemistry*. 73(2): 105-538.

- Gupta, R. K dan A. K. Ghosh. 2021. Encapsulation in Food Industry. Academic Press, Amsterdam.
- Halimatunnisroh, R., T. Yudiarti dan S. Sugiharto. 2017. Jumlah coliform, BAL dan total bakteri usus halus ayam broiler yang diberi kunyit (*Curcuma domestica*). Jurnal Peternakan Indonesia. 19(2): 81-87.
- Hasanah, A. dan B. Hartoyo. 2023. Penggunaan fermeherbafit enkapsulasi dalam pakan terhadap kadar kolesterol darah dan daging ayam broiler. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan. 26(1): 36-45.
- Imam, S., L.D. Mahfudz dan N. Suthama. 2015. Pemanfaatan asam sitrat sebagai acidifier dalam pakan stepdown protein terhadap perkembangan usus halus dan pertumbuhan broiler. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah. 13(2): 153-162.
- Imam, S., U. Suryadi, R. T. Hertamawati dan F. M. Haqqi. 2024. Perkembangan usus halus dan pertumbuhan ayam kampung super yang diberi sinbiotik pada pakan yang diturunkan kandungan proteinnya. Journal Tropical Animal Science. 6(1): 1-12.
- Irmayani, I., S. A. Lestari dan I. D. Novieta. 2024. Kandungan protein dan serat kasar pakan ayam broiler (*Gallus domesticus*) yang diberi tepung daun murbei (*Morus alba*) dengan level berbeda. Jurnal Peternakan Lokal. 6(2): 72-79.
- Kabosu, Y. H., F. U. Datta dan A. I. Detha. 2023. Pengaruh penambahan bakteri asam laktat dalam pakan formulasi lokal atau pakan komersial terhadap profil mikrobiota *Escherichia coli* saluran pencernaan ayam broiler. Jurnal Veteriner Nusantara. 6(1): 225-239.
- Kumari, A., P. Kumar, S. K. Mandotra dan S. S. Shahi. 2020. Extraction of bioactive compounds from microalgae and their potential applications. Applied Phycology Journal. 1(2): 65-78.
- Laga, A., A. Dirpan dan A. A. Anshari. 2018. Pengaruh konsentrasi substrat pada pembuatan maltodekstrin dari substrat pati sagu. Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal. 2(1): 23-30.
- Lawalata, M., H. Jesajas., N. F. Wenno dan T. M. Simanjorang. 2023. Analisa rantai nilai (*value chain*) industri broiler di Kota Ambon. Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman. 11(1): 8-15.

- Lestari, P. dan J. Sumarauw. 2023. Analisis manajemen peternakan ayam broiler terhadap kinerja usaha peternak pada PT. Anugerah Kartika Agro cabang Manado. *Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*. 11(4): 1435-1444.
- Listyasari, N. dan M. T. E. Purnama. 2022. Peningkatan bobot badan, konsumsi dan konversi pakan dengan pengaturan komposisi seksing ayam broiler jantan dan betina. *Jurnal Acta Veterinaria Indonesiana*. 10(3): 275-280.
- Luthfi., I. P. Ayu dan Magfirah, R. 2019. Profil fitokimia selada laut (*Ulva lactuca*) dan mikro alga filamen (*Spirogyra* sp.) sebagai bahan alam bahari potensial dari perairan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 7(2): 88-101.
- Mahendra, M. R., N. Salamah dan A. Guntarti. 2024. Purity analysis of sesame oil extracted from *Sesamum indicum* L. using the atr-ftir method. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 11(3): 382-392.
- Marcone, G. L., E. Rosso, P. Giuseppina, G. Terova, dan L. Pollegioni. 2020. Microalgae of the genus *Spirogyra* as a source of bioactive compounds for animal nutrition. *Journal of Applied Phycology*. 32(1): 112-125.
- Mesbahzadeh, B., S. A. Rajaei, P. Tarahomi, S. A. Seyedinia, M. Rahmani, F. Rezamohamadi dan N. Moradi-Kor. 2018. Beneficial effects of *Spirogyra neglecta* extract on antioxidant and anti-inflammatory factors in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biomolecular Concepts*. 9(1): 184-189.
- Mohamad, P., R. Pomolango, I. Korompot dan F. Fahrullah. 2023. Performa ayam broiler yang diberi jamu ternak hasil fermentasi menggunakan EM4. *Jurnal Sains Ternak Tropis*. 1(1): 21-28.
- Natsir, M. H. 2016. Penggunaan kombinasi kunyit (*Curcuma domestica*) dan jahe (*Zingiber officinale*) bentuk enkapsulasi dan tanpa enkapsulasi terhadap karakteristik usus dan mikroflora usus ayam pedaging. *Jurnal Buletin Peternakan*. 40(1): 1-10.
- Natsir, M. H., O. Sjoftan dan K. Umam. 2016. Pengaruh penggunaan kombinasi enkapsulasi asam sitrat dan minyak atsiri jeruk nipis sebagai aditif pakan terhadap karakteristik usus ayam broiler. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 26(3): 43-51.

- Oktaviona, M. A., V. D. Yuniarto, S. Sumarsih, S. Sugiharto dan L. Krismiyo. 2024. Panjang dan bobot ileum ayam broiler yang dipelihara pada kepadatan tinggi yang ditambah enkapsulasi ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa*) pada ransum. Prosiding Seminar Nasional Peternakan, Kelautan, dan Perikanan. Majene, Sulawesi Barat, 9-10 November 2024. Universitas Sulawesi Barat, Sulawesi Barat. 14-20.
- Pawestri, S dan Syahbanu, F. 2024. Teknik enkapsulasi antioksidan melalui pengeringan semprot. Jurnal Pertanian Agros. 26(1): 5052-5066.
- Pertiwi D. D. R., R. Murwani dan T. Yudiarti. 2017. Bobot relatif saluran pencernaan ayam broiler yang diberi tambahan air rebusan kunyit dalam air minum. Jurnal Peternakan Indonesia. 19(2): 60.
- Puspasari, D. R., M. Mulyono dan I. Mangisah. 2016. Pengaruh level protein dan asam asetat dalam ransum terhadap tingkat keasaman (pH) usus halus, laju digesta dan bobot badan akhir ayam broiler. Journal Animal Agriculture. 3(3): 409-416.
- Putra, A. N. 2019. Manajemen pemeliharaan ayam broiler strain ross pada fase finisher. Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan Indonesia. 12(1): 45-52.
- Putri, S. E., F. M. Abdullah., R. Septiyaningsih., F. Aulia dan T. P. Rahayu. 2025. Nutrisi seimbang untuk unggas memahami pentingnya protein dan serat. Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Peternakan. 28(1): 1-11.
- Prabowo, S. F., I. Suswoyo dan N. A. Setianto. 2024. Implementasi strategi unggul dalam optimasi performa ayam pedaging di Peternakan New Assa Desa Tambakmulyo Journal Animal Science and Technology. 6(1): 60-70.
- Pratama, D.A. dan A.S.S. Saragih. 2019. Efek pemberian ekstrak *Spirogyra jaoensis* sebagai suplemen pakan terhadap kinerja pertumbuhan, kinerja otot pectoralis, dan morfologi usus halus pada ayam broiler. Jurnal Kedokteran Hewan Veteriner World. 12(9): 1233-1239.
- Rahmah, A., N. Suthama dan V. D. Yuniarto. 2016. Total bakteri asam laktat dan *Escherichia coli* pada ayam broiler yang diberi campuran herbal dalam ransum. Animal Agriculture Journal. 2(3): 39-47.
- Raoda, H. S., I. D. Novieta dan I. Irmayani. 2024. Efisiensi dan konversi pakan ayam broiler (*Gallus domesticus*) yang diberi tepung limbah wortel (*Daucus carota L*) dengan level berbeda. Jurnal Gallus Gallus. 2(2): 10-18.

- Reque, P. M. dan A. Brandelli. 2021. Enkapsulasi probiotik dan nutrasetikal: Aplikasi dalam industri pangan fungsional. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 114(1): 1-10.
- Ridwan, M., N. Haryuni., L. Lestariningsih dan A. Lidiyawati. 2022. Kajian energi metabolis pakan terhadap produktivitas pejantan buras. *Jurnal Riset dan Konseptual*. 7(2): 472-479.
- Risna, D., M. A. Jamili dan J. Syam. 2022. Sistem perkandangan ayam broiler di Closed House Chandra Munarda Kabupaten Takalar. *Jurnal Sains dan Teknologi Industri Peternakan*. 2(1): 16-22.
- Rukmini, R., M. Mardewi dan R. Rejeki. 2019. Kualitas kimia daging ayam broiler umur 5 minggu yang dipelihara pada kepadatan kandang yang berbeda. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*. 3(1): 31-37.
- Sahriawati, S. dan A. Daud. 2016. Optimasi proses ekstraksi minyak ikan metode soxhletasi dengan variasi jenis pelarut dan suhu berbeda. *Jurnal Galung Tropika*. 5(3): 164-170.
- Salu, M., C. V. Lisnahan dan O. R. Nahak. 2021. Effect of calcium level in feed on blood profile of broiler chicken. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*. 3(2): 439-220.
- Saragih, H. T. G. M., R. T. Utomo dan A. N. S. Rahayu. 2024. Effect of encapsulated *Spirogyra* sp. extract on gut morphology and growth performance of broiler chickens. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 29(1): 12-24.
- Sari, Y. S. I., N. Suthama dan B. Sukanto. 2019. Perkembangan duodenum dan penambahan bobot badan pada ayam broiler yang diberi ransum dengan protein mikropartikel ditambah probiotik *Lactobacillus* sp. *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*. 1(1): 4-12.
- Sasae, Y. Y. A., J. J. M. R. Londok, B. Tulung dan C. A. Rahasia. 2020. Pengaruh pemberian sumber serat dalam pakan terhadap pencernaan semu serat kasar dan hemiselulosa pada ayam pedaging strain cobb. *Jurnal Zootec*. 40(1): 240–249.
- Satimah, S., V. D. Yunianto dan F. Wahyono. 2019. Bobot relatif dan panjang usus halus ayam broiler yang diberi ransum menggunakan cangkang telur mikropartikel dengan suplementasi probiotik *Lactobacillus* sp. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*. 14(4): 396-403.

- Satyaningtijas, A. S., R. Yufiandri, R. Wulandari, V. M. Darwin dan S. N. A. Siburi. 2015. Performa dan pencernaan pakan ayam broiler yang diberi hormon testosteron dengan dosis bertingkat. *Jurnal Veterinaria Indonesiana*. 3(1): 29-37.
- Septiari, N. dan D. Rosyidi. 2021. Aplikasi teknologi mikroenkapsulasi untuk peningkatan efektivitas senyawa bioaktif dalam pakan ternak. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 3(1): 1-10.
- Sihombing, S. N., T. Malvin, N. Fati dan N. Nilawati. 2024. Pengaruh penambahan infusa daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*) dalam air minum terhadap organ hati, jantung, limpa dan usus. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*. 27(2): 164-176.
- Sitorus, T. F. (2019). Pengaruh pemberian tepung daun *Indigofera sp.* dalam ransum terhadap performans ayam broiler (*Gallus Domesticus*). *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*. 4(2): 43-48.
- Sjofjan, O. 2017. Ilmu Nutrisi Ternak Unggas. Universitas Brawijaya Press, Surabaya.
- Sjofjan, O., M. H. Natsir dan D. N. Adli. 2021. Efek penambahan tepung putak dan enkapsulasi ekstrak daun kelor dalam ransum terhadap performans ayam broiler. *Jurnal Nutrisi dan Pakan Ternak*. 3(2): 71-82.
- Standar Nasional Indonesia. 2016. SNI - 8173.2.2016 tentang Pakan Ayam Ras Pedaging Masa Awal (Broiler Starter). Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Subowo, E. dan M. Saputra. 2019. Sistem informasi peternakan ayam broiler di Kabupaten Pekalongan berbasis web dan android. *Jurnal Surya Informatika*. 6(1): 53-65.
- Sukmawati, T. Y. dan H. I. Wahyuni. 2017. Total bakteri asam laktat dan *Coliform* pada ileum dan sekum ayam broiler yang diberi level ekstrak tomat dan dipapar *E. coli*. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 3(1): 160-165.
- Suryafly, F. D. dan I. R. Aziz. 2019. Enkapsulasi minyak atsiri lemon (*Citrus limon*) menggunakan penyalut β -siklodekstrin terasetilasi. *Jurnal Nasional Biologi*. 5(1): 25-27.
- Syafitri, Y., L. Lianti dan L. Fadhilah. 2024. Pengaruh perbedaan konsentrasi larutan asam asetat (CH_3COOH) terhadap karakteristik fisikokimia gelatin kepala ayam broiler. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 9(6): 8059-8077.

- Takano, T., S. Higuchi, H. Ikegaya, R. Matsuzaki, M. Kawachi, F. Takahashi dan H. Nozaki. 2019. Identification of 13 *Spirogyra* species (*Zygnemataceae*) by traits of sexual reproduction induced under laboratory culture conditions. *Journal Scientific Reports*. 9(1): 74-58.
- Utama, C. S., B. Sulistiyanto dan T. A. Wicaksono. 2019. Pengaruh pemberian berbagai pollard terolah terhadap pertumbuhan organ pencernaan ayam broiler umur 7 minggu. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*. 17(1): 101-110.
- Wahidah, S., N. D. Hanafi dan E. Mirwandhono. 2019. Potensi pemberian daun sirih (*Piper betle* L) sebagai fitobiotik terhadap mikroflora usus halus ayam broiler. *Jurnal Peternakan Integratif*. 7(1): 12-23
- Wati, A. K., Z. Zuprizal, K. Kustantinah dan N. D. Dono. 2018. Pengaruh penambahan mikrokapsul asam organik dalam ransum terhadap profil mikroflora usus halus ayam broiler. *Jurnal Buletin Peternakan*. 42(1): 16-22.
- Wibowo, F. A., V. D. Yunianto dan L. Krismiyo. 2023. Penggunaan ransum yang ditambahkan *Spirogyra* sp. terhadap panjang dan bobot tulang tibia ayam broiler. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*. Surakarta, 30 Mei 2023. Universitas Sebelas Maret, Surakarta. 690 – 696.
- Windyaswari, A. S., E. Elfahmi, F. Faramayuda, S. Riyanti, O. M. Luthfi, I. P. Ayu, N. T. M. Pratiwi, K. H. N. Husna dan Magfirah, R. 2019. Profil fitokimia selada laut (*Ulva lactuca*) dan mikro alga filamen (*Spirogyra* sp) sebagai bahan alam bahari potensial dari perairan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 7(2): 88-101