

LAJU DIGESTA DAN KECERNAAN SERAT AYAM BROILER YANG DITAMBAH ENKAPSULASI EKSTRAK BUAH MENGGUDU, Zn DAN Cu PADA RANSUM

The Rate of Digesta and Fiber Digestibility in Broiler Chickens Supplemented with Encapsulated Noni Fruit Extract, Zn, and Cu in the Diet

Nirvana Tendy Arieza, Vitus Dwi Yuniyanto, Lilik Krismiyanto*

Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

*E-mail: lilikkrismiyanto@lecturer.undip.ac.id

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of adding noni fruit extract encapsulation, Zn, and Cu to the diet on the digesta passage rate and fiber digestibility of broiler chickens. The materials used were 200 unsexed Ross broilers aged 9 days, with an average body weight of 233.69 ± 7.28 g. The treatment additive used was noni fruit extract encapsulation supplemented with Zn and Cu (EEBMZnCu). The feed ingredients consisted of yellow corn, rice bran, soybean meal, fish meal, limestone, premix, lysine, and methionine. The study was designed using a completely randomized design with four treatments and five replicates, each experimental unit containing 10 chickens. The treatments applied were: T0 (basal diet); T1 (basal diet + 0.06% EEBMZnCu); T2 (basal diet + 0.12% EEBMZnCu); T3 (basal diet + 0.18% EEBMZnCu). Parameters measured were the digesta passage rate and fiber digestibility. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 5% significance level. If significant effects were found, Duncan's test was performed at a 5% significance level to determine differences among treatments. The results showed that the addition of noni fruit extract encapsulation with Zn and Cu to the broiler diet significantly ($P < 0.05$) affected the digesta passage rate and fiber digestibility. The study concluded that adding 0.12% noni fruit extract encapsulation, Zn, and Cu to the diet could slow the digesta passage rate and improve fiber digestibility in broiler chickens.

Keywords: broiler chicken, digesta passage rate, fiber digestibility, noni fruit, supplementation

PENDAHULUAN

Ayam broiler adalah salah satu jenis ayam ras yang tujuan pemeliharaannya dikhususkan untuk memproduksi daging. Ras ayam ini memiliki kemampuan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan ras ayam yang lain yaitu dalam kurun waktu 4-5 minggu sudah dapat dipanen (Nuryanti., 2019). Daging yang memiliki tekstur yang empuk dan agak berlemak sehingga sangat disukai oleh masyarakat. Pemeliharaan ayam broiler yang cepat dan efisien dalam pembentukan daging diperlukan pakan dengan kualitas yang mampu memberikan asupan nutrisi yang cukup. Kualitas dari pakan yang diberikan mempengaruhi pencernaan dari bahan pakan tersebut. Pencernaan nutrisi didefinisikan sebagai tidak adanya nutrisi dari bahan pakan yang diekskresikan dalam feses ternak, dalam hal ini penyerapan nutrisi berjalan secara maksimal oleh organ pencernaan (Moningkey *et al.*, 2019). Pencernaan bahan pakan menjadi gambaran tentang seberapa efisien bahan pakan tersebut untuk diserap nutrisinya. Pencernaan serat mengacu pada proporsi serat dalam pakan yang dapat dipecah dan diserap oleh sistem pencernaan ayam broiler. Serat yang tidak dapat dicerna sepenuhnya akan dikeluarkan sebagai bagian dari feses. Pencernaan serat dipengaruhi oleh jenis serat, metode pencernaan, dan penggunaan enzim pencernaan tambahan (Zhang *et al.*, 2019). Pencernaan serat berpengaruh terhadap laju digesti ayam broiler. Laju digesti merujuk pada waktu yang diperlukan oleh ayam broiler untuk memproses pakan dari masuk ke dalam sistem pencernaan hingga nutrisi pakan tersebut diserap. Proses ini melibatkan beberapa tahap, termasuk pencernaan mekanis di proventrikulus dan gizzard, pencernaan kimia di usus, serta penyerapan nutrisi (Sami *et al.*, 2018).

Serat dalam pakan cenderung memperlambat laju digestasi dengan memperberat pakan dan meningkatkan waktu transit pakan melalui saluran pencernaan. Ini dapat mempengaruhi efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi. Peningkatan kandungan serat dapat mengurangi laju digestasi pakan. Apabila pencernaan serat baik maka laju digesta akan lebih cepat sehingga dapat membuat efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi menjadi maksimal (Zhang *et al.*, 2020).

Laju digesta merupakan waktu yang dibutuhkan ransum untuk melalui saluran pencernaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi laju digesta antara lain konsumsi ransum, imbalan energi dan protein, kandungan lemak, serat kasar, kualitas ransum, dan volume makanan dalam saluran pencernaan (Setyanto *et al.*, 2012). Laju digesta yang lebih lambat dalam saluran pencernaan disebabkan oleh pencernaan nutrisi yang lebih efektif (Svihus *et al.*, 2002). Hasil penelitian Krismiyanto *et al.*, (2014) bahwa laju digesta pada ayam broiler berkisar antara 176,55 - 233,10 menit. Laju digesta yang terlalu cepat dapat mengakibatkan penyerapan nutrisi di saluran pencernaan menjadi kurang baik sehingga akan banyak yang terbuang menjadi ekskreta (Rizkianingtyas, 2016). Kondisi demikian mendorong peternak untuk mencari cara bagaimana menyusun pakan yang dimana kandungan serat kasarnya dapat dicerna dengan cepat dan efisien oleh ayam broiler, salah satunya adalah dengan menambahkan imbuhan pada bahan pakan tersebut. Mengkudu atau yang memiliki nama lain noni (*Morinda citrifolia L.*) adalah salah satu tanaman berbuah yang tak lazim dimakan namun biasa digunakan sebagai obat herbal dengan kandungan senyawa bioaktif antioksidan dan antimikroba, menjadikan tanaman ini sebagai alternatif penggunaan antibiotik pada ternak unggas (Kurniawan, 2018). Buah mengkudu secara keseluruhan mengandung beberapa senyawa diantaranya adalah flavonoid dan fenolik dimana kedua senyawa tersebut berperan sebagai pemicu pertumbuhan alami (*Growth Promotor*) sehingga mampu mendukung pertumbuhan ayam broiler serta antioksidan. Namun buah mengkudu juga mengandung senyawa anti nutrisi yang dapat menghambat pertumbuhan yaitu tanin (Ahmad *et al.*, 2017). Ekstrak mengkudu mengandung senyawa bioaktif seperti naringenin, xeronine, dan proxeronine, yang dapat terdegradasi oleh faktor lingkungan seperti oksigen, cahaya, dan suhu. Enkapsulasi membantu melindungi senyawa-senyawa ini dari degradasi dan menjaga stabilitasnya hingga mencapai sistem pencernaan ayam broiler (Bora *et al.*, 2022).

Enkapsulasi merupakan proses pembungkusan (*coating*) suatu bahan inti dengan menggunakan bahan pengkapsul tertentu. Salah satu teknologi modern yang tepat untuk mempertahankan probiotik adalah dengan mikroenkapsulasi (Zanjani *et al.*, 2014). Enkapsulasi dapat mempertahankan probiotik selama proses pengolahan dan penyimpanan pada kondisi yang ekstrim (Chavarri *et al.*, 2012) dan pH asam dalam saluran pencernaan (Burgain, 2011). Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai pembungkus dari enkapsulasi adalah maltodekstrin, karena memiliki rasa dan aroma yang netral, bersifat mudah larut air, viskositas rendah pada konsentrasi tinggi, memiliki kapasitas pembentukan film, dan perlindungan yang baik terhadap oksidasi bahan inti (Cahyadi, 2017). Maltodextrin adalah bahan yang sangat larut dalam air, yang memungkinkan formulasi enkapsulasi yang mudah larut dan mendispersikan senyawa aktif dalam berbagai aplikasi, bahan ini naga tahan terhadap reaksi oksidasi sehingga mampu mempertahankan daya simpannya, sehingga hal ini memudahkan penggunaan enkapsulasi dalam pakan ternak dan produk makanan lainnya (Wang *et al.*, 2020). Metode enkapsulasi secara fisik salah satunya dilakukan dengan proses *freeze drying*. Prinsip dasar dari *freeze drying* adalah pengeringan dengan suhu rendah dan tekanan vakum. Selanjutnya dilakukan proses *pre-treatment* berupa pembekuan material dan akhirnya dilakukan pengeringan secara sublimasi langsung dengan tekanan dan suhu rendah (Agustin dan Wibowo., 2021).

Penelitian bertujuan untuk mengkaji penambahan enkapsulasi ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu pada ransum terhadap laju digesta dan pencernaan serat ayam broiler. Manfaat penelitian adalah memperoleh informasi secara ilmiah terkait pengaruh penambahan enkapsulasi ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu pada ransum terhadap laju digesta dan pencernaan serat ayam broiler.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada 9 Agustus - 14 September 2024. Penelitian ini dilaksanakan di Kandang *Semi Closed House*, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan meliputi ayam broiler strain Ross *unsexed* sebanyak 200 ekor yang dipelihara selama 35 hari. Zat aditif alami yang digunakan yaitu enkapsulasi ekstrak buah mengkudu yang ditambah Zn dan Cu (EEBMZnCu). Ransum basal disusun dari campuran bahan pakan yang tertera pada Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian meliputi kandang koloni sebanyak 20 petak dengan ukuran 1 m², lampu bohlam 25 watt dan 60 watt, destan, tempat pakan dan minum, vaksin, sprayer, timbangan digital, gunting, cutter, gelas beker, *thermohygrometer*, *aluminium foil*, sekam, koran, kardus, kertas saring halus, magnet stirrer, sonifator, evaporator dan *freeze drying*.

Pengolahan Data

Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAK) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan, sehingga unit percobaan sebanyak 20 buah. Masing - masing unit percobaan di isi 10 ekor. Perlakuan yang diterapkan meliputi: T0: Ransum penelitian tanpa enkapsulasi ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu T1: Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,06%, T2: Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,12% T3: Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,18% Penentuan level ekstrak buah mengkudu mengacu pada hasil penelitian Krismiyanto *et al.* (2023). Data penelitian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* dengan taraf signifikansi 5%. Jika berpengaruh nyata maka diuji lanjut dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan nilai tengah antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecernaan Serat

Kecernaan serat kasar dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil menunjukkan bahwa kecernaan serat kasar berbeda nyata atau signifikan pada taraf 5% ($P < 0,05$). T2 (26,17%) tidak berbeda nyata dengan T3 (27,076%) akan tetapi berbeda nyata dengan T0 (21,26%) dan T1 (24,66%).

Tabel 2. Rataan laju digesta dan kecernaan serat ayam broiler

Perlakuan	Parameter	
	Laju Digesta (menit)	Kecernaan Serat (%)
Ransum penelitian tanpa enkapsulasi ekstrak buah mengkudu (T0)	233 ± 19,9 ^b	21,26 ± 0,74 ^c
Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,06% (T1)	235 ± 19,27 ^b	24,66 ± 0,726 ^b
Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,12% (T2)	256,4 ± 16,04 ^{ab}	26,166 ± 0,85 ^a
Ransum penelitian + EEBMZnCu 0,18% (T3)	260 ± 12,16 ^a	27,076 ± 1,166 ^a

Keterangan: Superskrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$.

Hasil pencernaan serat kasar yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian EEBMZnCu para ransum ayam broiler pada T3 mampu meningkatkan pencernaan serat paling baik. Penggunaan ekstrak mengkudu memiliki tujuan tersendiri yaitu akan kandungan flavanoidnya yang tinggi, flavonoid, salah satu senyawa aktif yang terdapat dalam buah mengkudu, diketahui memiliki peran sebagai antioksidan dan antibakteri. Sebagai antioksidan, flavonoid bekerja dengan menyumbangkan atom hidrogen kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas menjadi stabil dan tidak lagi berpotensi merusak sel tubuh (Dewi *et al.*, 2018). Selain itu, flavonoid pada buah mengkudu juga berfungsi sebagai antibakteri melalui mekanisme perusakan membran sitoplasma dan denaturasi protein dalam sel bakteri, yang akhirnya menghambat pertumbuhan serta metabolisme bakteri (Maripa *et al.*, 2018).

Flavanoid berperan penting untuk pertumbuhan jaringan usus terutama panjang duodenum yang berkaitan erat dengan panjang vili dan bobot relatif duodenum. Flavonoid selain memiliki efek antibiotik juga memiliki manfaat lain yaitu berperan sebagai protektor bagi mukosa usus dan merangsang perpanjangan villi usus sehingga bidang penyerapan nutrisi menjadi lebih luas (Gultom *et al.*, 2023). Menurut pendapat dari Mistiani *et al.* (2020), kandungan senyawa flavonoid yang berasal dari tanaman herbal dan non herbal memiliki peran dalam melindungi mukosa usus halus dari paparan bakteri, sehingga dinding mukosa yang terlindungi terbebas dari infeksi bakteri patogen pencernaan. Peningkatan area penyerapan villi usus pada saluran usus duabelas jari akan meningkatkan pencernaan serat yang ada pada pakan yang dikonsumsi oleh broiler sehingga proses pencernaannya lebih cepat akibat serat yang tidak tercerna akan segera diekskresikan (Satimah *et al.*, 2019).

Laju Digesta

Laju digesta dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil menunjukkan bahwa pencernaan serat kasar berbeda nyata atau signifikan pada taraf 5% ($P < 0,05$). T0 (233) tidak berbeda nyata dengan T1 (235) dan T2 (256,4) akan tetapi berbeda nyata dengan T3 (260). T3 (260) tidak berbeda nyata dengan T2 (256,4) akan tetapi berbeda nyata dengan T0 (233) dan T1 (235). Hasil laju digesta yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian EEBMZnCu para ransum ayam broiler pada T3 mampu mengoptimalkan laju digesta dengan baik. Buah mengkudu mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan iridoid yang memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Nuryana *et al.* (2021) flavonoid dapat meningkatkan koloni Bakteri Asam Laktat (BAL) sehingga laju digesta berjalan lebih lambat, lebih kental dan meningkatkan pencernaan dan retensi nitrogen meningkat. Senyawa-senyawa ini mampu memperbaiki integritas epitel saluran pencernaan, mengurangi stres oksidatif, dan mengoptimalkan aktivitas enzim pencernaan (Ruttanavut *et al.*, 2017). Dengan dienkapsulasi bersama Zn dan Cu, stabilitas senyawa aktif meningkat, serta distribusi dan pelepasannya dalam saluran pencernaan lebih terkontrol. Zn berperan dalam mempercepat regenerasi sel epitel usus melalui aktivitas enzim karbonik anhidrase dan meningkatkan sintesis protein, sedangkan Cu berkontribusi dalam metabolisme energi melalui perannya sebagai kofaktor enzim-enzim oksidatif seperti sitokrom oksidase. Kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi pencernaan dan mempercepat laju digesta pada ayam broiler (Zhang *et al.*, 2022).

Selain itu, enkapsulasi memberikan perlindungan terhadap degradasi senyawa bioaktif selama proses pencampuran pakan dan pencernaan awal di proventrikulus dan ventrikulus, memastikan pelepasan zat aktif yang lebih efektif di usus halus. Pang *et al.* (2020) menyatakan bahwa suplementasi Zn dan Cu juga mengurangi populasi bakteri patogen seperti *Escherichia coli* dan *Clostridium perfringens*, sehingga mengurangi fermentasi negatif yang dapat memperlambat laju digesta. Efek ini berkontribusi pada peningkatan pencernaan serat dan bahan kering, seperti yang terlihat pada data T3 di tabel 2. Dengan meningkatkan penyerapan nutrisi dan efisiensi metabolisme, kombinasi ekstrak mengkudu, Zn, dan Cu mendukung performa pencernaan yang lebih optimal (Liu *et al.*, 2021). Pencernaan serat memiliki hubungan erat dengan laju digesta karena proses degradasi serat kasar dalam saluran pencernaan sangat bergantung pada waktu transit pakan. Menurut pendapat Widharto dan Irawati. (2021) serat kasar yang tinggi menyebabkan laju digesta semakin cepat, sehingga nilai pencernaan nutrisi lain mengalami penurunan yang keluar bersama ekskreta. Pada

perlakuan T3 yang menunjukkan pencernaan serat terbaik (27,076%), peningkatan ini disebabkan oleh laju digesta yang lebih optimal (260 menit). Laju digesta yang baik memungkinkan kontak yang cukup antara serat kasar dengan enzim pencernaan dan mikroba fermentatif di saluran cerna, terutama di sekum dan kolon (Kiarie *et al.*, 2014). Fermentasi serat menghasilkan produk metabolit seperti asam lemak rantai pendek (SCFA), yang penting untuk kesehatan epitel usus dan efisiensi pencernaan (Reis *et al.*, 2018). Dalam perlakuan T3, kombinasi ekstrak buah mengkudu dengan Zn dan Cu mendukung degradasi serat kasar melalui peningkatan aktivitas enzim seperti β -glukanase dan hemiselulase,

KESIMPULAN

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu 0,12% pada ransum mampu memperlambat laju digesta dan meningkatkan pencernaan serat ayam broiler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada Fakultas Perternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro serta staff juga selaku dosen pembimbing dari Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan yaitu bapak Vitus Dwi Yuniyanto, BI, Prof., Ir.M.S., M.Sc., Ph.D., IPU dan bapak Likil Krismiyanto, S.Pt., M.Si. yang telah membantu dalam pelaksanaan teknis selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusetyaningsih, I., Widiastuti, E., Wahyuni, H. I., Yudiarti, T., Murwani, R., Sartono, T. A., and Sugiharto, S. 2022. Effect of encapsulated leaf extract on the physiological conditions, immune competency, and antioxidative status of broilers at high stocking density. *Annals of Animal Science*. 22(2): 653-662.
- Agustin, D. A. dan A. A. Wibowo. 2021. Teknologi enkapsulasi: Teknik dan aplikasinya. *J. Distilat*. 7(2): 202-209.
- Ahmad, M. B., Ibrahim, M. A., dan Al-Zahrani, S. S. 2017. Phytochemical and nutritional profile of noni fruit (*Morinda citrifolia L.*): A review. *J. of Medicinal Plants Research*. 11(34): 628-634.
- Bora, S., Yadav, R. S., dan Pati, S. K. 2022. Encapsulation techniques and their applications in food and pharmaceuticals: A comprehensive review. *J. of Food Science and Technology*. 59(12): 4512-4528.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., and Scher, J. 2011. Encapsulation of probiotic cells for the food industry – A review. *Food Research International*. 44(8): 1781-1800.
- Cahyadi, K. 2017. Pengaruh Metode Spray Drying Dan Foam-Mat Drying Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Wortel the Effect of Spray Drying and Foam-Mat Drying Methods on Physicochemical Characteristics of Instant Powder Drink of Mixed Pumpkin and Carrots. Fakultas Teknologi Pertanian. Unika Soegijapranata, Semarang. (Skripsi)
- Chavarri, M., Villaran, M. C., and Velasco, J. M. 2012. Encapsulation of probiotics in food and pharmaceuticals: A review. *J. of Functional Foods*. 4(2): 105-120.
- Gouda, M., A. El-Din Bekhit, Y. Tang, Y. Huang, L. Huang, Y. He and X. Li. 2021. Recent innovations of ultrasound green technology in herbal phytochemistry: A review. *J. Ultrasonics Sonochemistry*. 73: 1-15.

- Gouda, M., Bekhit, A. E. D., Tang, Y., Huang, Y., Huang, L., He, Y., and Li, X. 2021. Recent innovations of ultrasound green technology in herbal phytochemistry: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 1-15.
- Kiarie, E., Romero, L. F., and Nyachoti, C. M. 2014. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Animal Nutrition*, 11, 28–33.
- Krismiyanoto, L., N. Suthama dan I. Mangisah. 2023. Pemanfaatan sumber minyak berbeda terhadap pencernaan lemak dan kualitas daging ayam broiler. *Jurnal.Ilmudan Teknologi Peternakan Tropis*. 7(1): 77-81.
- Krismiyanoto, L., N. Suthama dan H. I. Wahyuni. 2014. Feeding effect of inulin derived from *Dahlia variabilis* tuber on intestinal microbes in starter period of crossbreed chickens. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric*. 39(4): 217-223.
- Kurniawan, M. 2018. Nutritional and medicinal properties of noni fruit (*Morinda citrifolia*): A review. *J. of Herbal Medicine*. 12: 1-10.
- Liu, Z., Gao, T., Xu, C. 2021. Zinc and copper supplementation effects on growth and gut health in broiler chickens. *Poultry Science*. 100(5): 1012–1020.
- Moningkey, A. F., F. R. Wolayan, C. A. Rahasia, M. N. Regar. 2019. Kecernaan bahan organik, serat kasar dan lemak kasar pakan ayam pedaging yang diberi tepung limbah labu kuning (*Cucurbita moschata*). *J. Zootec*. 39(2): 257 - 265.
- Nuryana, R. S., Abun, dan E. T. Marlina. 2021. Pengaruh pemberian ekstrak daun kepel (*Stelechocarpus burahol*) sebagai feed additive herbal terhadap retensi nitrogen dan amonia ekskreta ayam broiler. *J. Ilmu dan Teknologi Peternakan*. 9(1): 23 - 28.
- Nuryati, T. 2019. Analisis performans ayam broiler pada kandang tertutup dan kandang terbuka. *J. Peternakan Nusantara*. 5(2): 77-86.
- Pang, Y., Yang, H., He, M. 2020. Encapsulation of plant bioactives with trace minerals enhances stability and bioavailability in broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 261: 114387.
- Reis, M. P., Vieites, F. M., Cruz, F. G. G. 2018. Effects of trace minerals on digestibility and gastrointestinal health in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 273, 376–387.
- Rizkianingtyas, N. 2016. Effect of dietary fiber on gastrointestinal transit time and fecal output in healthy adults. *J. of Nutritional Science and Vitaminology*. 62(4): 248- 254.
- Ruttanavut, J., Yamauchi, K., Goto, H., and Erikawa, T. 2017. Effects of plant extracts and trace minerals on intestinal morphology and enzyme activity in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 1011, 57–66.
- Sami, A., Kaskous, S., and El-Habashy, M. 2018. Influence of dietary composition on the digestibility and performance of broiler chickens. *J. of Poultry Science*. 97(12): 4392 - 4400.
- Setyanto, E., Mufidah, N., and Firdiansyah, M. 2012. Effect of dietary fiber on gastrointestinal transit time and bowel movements in healthy adults. *J. of Nutrition and Food Sciences*. 2(3): 143-148.
- Svihus, B., Haug, A., and Høstmark, A. T. 2002. The effect of dietary fiber on digestion and gut health in poultry: A review. *J. of Animal Science*. 80(10): 2436-2443.
- Wang, L., Liu, Y., and Zhang, Q. 2020. Recent advances in maltodextrin-based microencapsulation: Techniques, properties, and applications. *Food Hydrocolloids*. 108: 106039.

- Widharto, D. dan D. A. Irawati. 2021. Penggantian pakan komersial dengan kombinasi tepung daun mengkudu dan tepung daun pepaya terhadap performans ayam pedaging. *J. Ilmu-Ilmu Pertanian Agrisaintifika*. (5)1: 1-7.
- Zanjani, M., Alavi, S. H., and Arami, M. 2014. Encapsulation techniques and their applications in food and pharmaceuticals. *International J. of Food Science and Technology*. 49(12): 2724-2734.
- Zhang, L., Zhou, J., and Yu, L. 2019. Effect of fiber levels on the performance and digestive function of broiler chickens. *J. of Applied Poultry Research*. 28(1): 25-33.
- Zhang, W., Xu, X., Wang, Y. 2022. Antioxidant effects of noni fruit extract in encapsulated forms on gut health and digestion in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 892034.
- Zhang, Z., Yu, L., Zhang, S., Xu, X., and Zhang, Y. 2020. Effects of dietary fiber on intestinal microbiota and gastrointestinal health: A systematic review. *Frontiers in Microbiology*. 11: 619443.