

Evaluasi Kualitas Fisik Enkapsulasi Ekstrak Daun Sirih (*Piper bettle linn*) Metode Destilasi Uap sebagai *Feed Additive* untuk Ternak Unggas

Fitria Tridyana Putri¹ dan Nining Haryuni²

^{1,2} Program Studi Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Madani Indonesia
Jl. Masjid No. 37 A Kota Blitar

email : fitriatridyanaputri92@gmail.com

Submitted : Oktober 2025

Accepted : November 2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas fisik enkapsulasi ekstrak daun sirih (*Piper bettle linn*) sebagai *feed additive* untuk ternak unggas. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Prodi Peternakan Universitas Madani Indonesia pada bulan Juli-Agustus 2025. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif eksperimental, dimana penelitian ini menggambarkan karakteristik dari produk enkapsulasi ekstrak daun sirih (*Piper bettle linn*) metode destilasi uap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa enkapsulasi ekstrak daun sirih memiliki warna putih tulang, aroma segar khas sirih dan berbentuk kristal. Hasil uji densitas didapatkan berat jenis sebesar 0,74 kg/m³, luas permukaan spesifik 42,50 mm²/g, laju alir 5,00 g/detik dan sudut tumpukan bahan sebesar 24,23^o. Berdasarkan penelitian disimpulkan bahwa enkapsulasi ekstrak daun sirih memiliki kualitas yang baik dan layak untuk dijadikan sebagai *feed additive* untuk ternak unggas.

Kata Kunci : Daun sirih, enkapsulasi, *feed additive*, maltodextrin, unggas

Abstract

This study aims to determine the physical quality of encapsulated Piper bettle linn extract as a feed additive for poultry. This research was conducted at the Integrated Laboratory of Animal Husbandry Study Program, Madani University of Indonesia in July-August 2025. This study is a descriptive experimental study, where this study describes the characteristics of the encapsulated product of Piper bettle linn extract steam distillation method. The results showed that the encapsulated betel leaf extract has an off-white color, a fresh aroma typical of Piper bettle linn and is crystalline. The results of the density test obtained a specific gravity of 0.74 kg/m³, a specific surface area of 42.50 mm²/g, flow rate of 5.00 g/sec and material stack angle of 24.23^o. Based on the study, it was concluded that the encapsulated betel leaf extract has good quality and is suitable for use as a feed additive for poultry.

Keywords: *Piper bettle linn, encapsulation, feed additive, maltodextrin, poultry*

Pendahuluan

Isu terkait krisis pangan merupakan tantangan tidak hanya untuk Indonesia tetapi juga merupakan tantangan global. Krisis pangan dapat disebabkan oleh adanya kesulitan distribusi pangan, perubahan iklim, bencana alam dan lingkungan, serta konflik sosial (Faya et al. 2022; Susanti et al. 2022; Haryuni, Tribudi, et al. 2024). Oleh sebab itu pemerintah melalui Badan Pangan Nasional (Bapanas) telah menyiapkan program Kesiapsiagaan Krisis Pangan yang diatur dalam Peraturan Bapanas Nomor 19 Tahun 2023 tentang Kesiapsiagaan Krisis Pangan. Pangan asal hewani memiliki peran penting dalam suplai pangan nasional sebab produk hewani merupakan sumber protein sehingga usaha ayam petelur memiliki prospek yang cemerlang untuk dikembangkan (Haryuni et al. 2021; Haryuni, Hartutik, et al. 2022; Putri and Paramita 2023). Iklim tropis merupakan salah satu hambatan dalam pengembangan usaha ayam petelur sebab iklim tropis dengan kondisi cuaca ekstrim menjadikan bakteri patogen tumbuh dengan baik yang secara langsung

dapat berdampak pada gangguan kesehatan dan penurunan produksi telur (Putri and Paramita 2023; Nining Haryuni et al. 2023; Rizqita et al.). Antibiotik seperti lincomisin, amoksilin, dan colistin, pada dasarnya dapat digunakan untuk mengobati infeksi bakteri patogen. Namun, pengobatan ini mahal dan dapat meninggalkan residu yang bersifat karsinogenik. Selain itu, penggunaan antibiotik yang terlalu sering atau dosis penggunaan berlebihan dapat menyebabkan pembengkakan pada organ ginjal yang dapat menyebabkan kematian ayam (Faya et al. 2022; Haryuni, Widodo, et al. 2022).

Keamanan pangan produk hasil ternak menjadi topik penting untuk diperhatikan seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan. Oleh karena itu, pengembangan di bidang peternakan harus difokuskan tidak hanya pada kuantitas dan kualitas produk, tetapi juga pada keamanan produk tersebut (Haryuni et al. 2015; Haryuni et al. 2025). Peningkatan kesehatan ayam dan produksi telur serta penjaminan keamanan produk hasil ternak dapat dilakukan dengan memanfaatkan

ekstrak daun sirih sebagai *feed additive* untuk menggantikan penggunaan antibiotik (Haryuni et al. 2017; Alydrus and Khofifah 2022). Feed additive adalah bahan pakan yang umumnya ditambahkan dalam jumlah yang sedikit/kecil untuk memperbaiki kualitas pakan. Peningkatan kualitas pakan ini dilakukan untuk mengoptimalkan produktivitas ternak baik kualitas maupun kuantitasnya (Haryuni, Harliana, et al. 2024).

Daun sirih (*Piper bettle linn*) merupakan tanaman herbal yang ketersediaannya melimpah dan harganya murah. Daun sirih memiliki fungsi yang hampir sama dengan antibiotik yaitu sebagai antimikroba dan anti jamur yang kuat (Sadiyah et al. 2022; Arina et al. 2023). Daun sirih mengandung minyak atsiri (yang tersusun dari chavicol, chavibetol, karvakrol, eugenol, eugenol methylether, estragol), tanin, tiamin, riboflavin, vitamin C, gula pati, dan asam amino (Nisyak et al. 2022; Darwanto et al. 2023). Sekitar 60-80% kandungan dari minyak atsiri daun sirih merupakan fenil propane yaitu senyawa fenolik yang termasuk salah satu dari senyawa-senyawa yang bersifat antimikroba (Badaruddin et al. 2021; Suarantika et al. 2023). Fenol dapat merusak struktur tersier protein bakteri patogen, yang dikenal sebagai denaturasi protein (Gloriana and Siswanto 2021; Hulu et al. 2022). Terdenaturasinya protein dinding sel tentunya akan menyebabkan kerapuhan pada dinding sel bakteri sehingga mudah di tembus zat-zat aktif lainnya yang juga bersifat bakterisidal (Srikacha and Ratananikom 2020; Nguyen et al. 2021). Fenol dalam daun sirih juga dilaporkan berfungsi sebagai antioksidan, dimana antioksidan bermanfaat untuk meningkatkan ketahanan tubuh pada ayam petelur (Christiani et al. 2023; Al Faizal et al. 2024).

Minyak atsiri memiliki karakteristik diantaranya aroma yang khas, mudah menguap dan semivolatil (Yunilawati et al. 2021; Setiawan Wibowo and Annisaul Mubarakah 2025). Penguapan minyak atsiri yang berlebih dapat dicegah dengan memanfaatkan teknologi enkapsulasi yaitu teknologi yang melibatkan proses pelapisan bahan aktif dengan lapisan dinding polimer sehingga menghasilkan partikel kecil berukuran mikro atau nano. Proses ini dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan mencegah kehilangan aktivitas minyak atsiri (Wati et al. 2022; Zulfikar Jafar et al. 2024; Anto et al. 2025). Proses enkapsulasi juga mampu mengontrol lepasnya inti, memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas partikel dari zat aktif yang ada didalamnya (31–34) (Agustin Dini Asri and Wibowo 2021;

Noviyani et al. 2022; Eni Susilawati and Budi P. Soewondo 2022). Berdasarkan uraian diatas, maka perlu adanya penelitian untuk mengetahui kualitas fisik enkapsulasi ekstrak daun sirih (*Piper bettle linn*) sebagai *feed additive* untuk ayam petelur.

Materi Dan Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif eksperimental, dimana penelitian ini menggambarkan karakteristik enkapsulasi dari ekstrak daun sirih (*Piper bettle linn*) metode destilasi uap (Mutia Rissa et al. 2025). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Prodi Peternakan Universitas Madani Indonesia pada bulan Juli-Agustus 2025.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya gunting, nampan plastik, bak plastik, timbangan digital, *destiller*, kompor, beaker glass, *homoginezer*, *food dehydrator*, plastik wrap, *grinder*, saringan, spatula, gelas ukur, penggaris, corong, tiang statis, stopwatch, kalkulator dan kertas *millimeter block*. Bahan yang dibutuhkan diantaranya daun sirih segar, aquades, maltodextrin dan gum arab.

Ekstraksi Daun Sirih

Pembuatan ekstrak daun sirih dilakukan dengan menggunakan metode destilasi uap. Destilasi adalah suatu metode yang digunakan untuk mengambil senyawa-senyawa aktif yang terkandung dalam daun sirih (*Piper bettle linn*) menggunakan proses pemisahan yang didasarkan pada titik didihnya. Langkah-langkah yang dilakukan dalam ekstraksi daun sirih dengan metode destilasi sebagai berikut.

- a. **Proses sortasi.** Proses sortasi daun sirih merupakan tahap awal yang sangat krusial sebelum melakukan ekstraksi. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan daun sirih yang memiliki kualitas baik (Yunilawati et al. 2021). Proses sortasi berperan penting dalam penentuan kualitas akhir ekstrak yang dihasilkan. Sortasi daun sirih dapat dilakukan menggunakan gunting atau pisau. Proses ini dilakukan dengan cara memisahkan antara daun dengan batangnya, membuang daun yang mengalami kerusakan (kering dan busuk).
- b. **Penimbangan dan pembersihan daun sirih.** Proses penimbangan dilakukan setelah daun sirih selesai di sortasi. Daun sirih ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berapa bobot daun sirih yang akan di ekstrak. Bobot daun sirih ini penting diketahui untuk menghitung berapa persen hasil ekstraksi yang didapatkan. Daun sirih yang telah ditimbang selanjutnya dilakukan pencucian untuk

menghilangkan debu dan kotoran yang menempel. Pencucian daun sirih dilakukan dibawah air yang mengalir.

- c. **Proses destilasi.** Proses destilasi dilakukan dengan menggunakan alat *destiller*. Penyiapan alat ini dilakukan dengan memberi air yang akan diuapkan sampai bada batas alat kemudian diletakkan diatas kompor pemanas. Setelah alat destiler terisi air selanjutnya daun sirih dimasukkan, ditutup dengan kain saring dan kemudian ditutup dengan menggunakan tutup destiler. Kompor dinyalakan untuk memanaskan alat destiler hingga terjadi penguapan. Uap yang terbentuk ini akan membawa senyawa aktif yang ada di dalam daun sirih.
- d. **Proses kondensasi.** Uap yang terbentuk dan membawa zat aktif dari daun sirih selanjutnya akan melewati kondensor, di mana uap ini akan didinginkan dan berubah kembali menjadi cairan. Cairan ini merupakan ekstrak dari daun sirih yang berupa campuran air dan minyak atsiri dari daun sirih.

Enkapsulasi Ekstrak Daun Sirih

Enkapsulasi adalah suatu proses di mana zat aktif yang ada dalam ekstrak daun sirih dibungkus atau dilindungi dalam suatu matriks. Hal ini dilakukan untuk mengendalikan pelepasan atau meningkatkan stabilitas bahan tersebut (Handini et al. 2024). Pemanfaatan enkapsulasi pada ekstrak daun sirih ini dapat digunakan untuk mendapatkan produk yang lebih efektif, stabil, dan berkualitas tinggi. Metode enkapsulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *emulsification* yaitu sebuah metode yang digunakan untuk menggabungkan dua fase tak tercampur, biasanya minyak dan air, di mana bahan aktif terdispersi dalam fase tersebut (Hatmayana et al. 2022). Tahapan dalam proses enkapsulasi ekstrak daun sirih sebagai berikut.

- a. **Pembuatan bahan penyalut.** Bahan penyalut adalah bahan yang digunakan untuk melapisi atau melindungi zat aktif dari ekstrak daun sirih (Noviyani et al. 2022). Bahan penyalut yang digunakan dalam penelitian ini adalah maltodextrin dan gum arab. Perbandingan antara maltodextrin, gum arab dan aquades adalah 4:1:4. Semua bahan yang digunakan untuk pembuatan bahan penyalut dicampur hingga homogen.
- b. **Pencampuran bahan penyalut dengan ekstrak.** Bahan penyalut yang telah dibuat selanjutnya dicampur dengan ekstrak daun sirih. Perbandingan antara bahan penyalut dan ekstrak daun sirih adalah 5:1.
- c. **Pengeringan.** Setelah bahan penyalut dan ekstrak daun sirih tercampur selanjutnya

dilakukan proses pengeringan menggunakan alat *food dehydrator* sampai cairan menyusut dan menjadi kering sehingga mudah untuk dihaluskan. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan pelarut atau kelembapan yang tersisa, sehingga partikel atau kapsul yang dihasilkan stabil. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 60°C selama 2 x 24 jam.

- d. **Penggilingan.** Setelah proses pengeringan selesai selanjutnya produk enkapsulasi ekstrak daun sirih diambil dan dilakukan penggilingan untuk mendapatkan produk enkapsulasi yang mudah untuk dicampur dengan bahan pakan untuk selanjutnya dilakukan uji biologis pada ayam petelur.

Variabel

Variabel yang diamati dalam penelitian ini diantaranya:

- a. Uji organoleptik (warna, aroma, tekstur)
- b. Uji densitas. Berat jenis (*density*) merupakan perbandingan antara massa terhadap volume bahan pakan (Haryuni and Prastiya 2023; Haryuni 2024). Uji densitas enkapsulasi ekstrak daun sirih dilakukan dengan menghitung menggunakan rumus dibawah ini.

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat bahan (kg)}}{\text{Volume bahan (m}^3\text{)}}$$

- c. Luas permukaan spesifik (LPS). Luas permukaan spesifik dari enkapsulasi ekstrak daun sirih perlu diuji untuk mengetahui tingkat kehalusan produk tersebut tanpa mengetahui sebaran komposisi dan ukuran keseluruhan partikel (Haryuni 2024). Luas permukaan spesifik dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{LPS} = \frac{\text{Luas sebaran bahan (cm}^2\text{)}}{\text{Berat bahan (g)}}$$

- d. Uji laju alir. Pengukuran ini dilakukan dengan menimbang bahan uji dan dimasukkan kedalam *beaker glass* yang kemudian dituangkan pada ketinggian tertentu dan dihitung waktu yang dibutuhkan bahan untuk bisa sampai ke dasar lantai (Haryuni and Prastiya 2023). Perhitungan laju alir sebagai berikut.

$$\text{Laju alir} = \frac{\text{Berat bahan (g)}}{\text{Waktu (detik)}}$$

- e. Uji Sudut tumpukan. Pengukuran dilakukan dengan menimbang bahan dan dimasukkan kedalam corong dan dibuka bagian tutup bawah corong pada ketinggian tertentu

untuk diamati tinggutumpukan yang terbentuk dan jarak terjauh dari bahan (Haryuni and Prastiya 2023). Uji sudut tumpukan dari produk enkapsulasi ekstrak daun sirih ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Tan } \alpha = \frac{2 \times \text{Tinggi curahan}}{\text{Diameter curahan}}$$

Hasil Dan Pembahasan

Kualitas enkapsulasi ekstrak daun sirih (warna, aroma, tekstur, berat jenis dan luas permukaan spesifik) tersaji pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kualitas fisik enkapsulasi ekstrak daun sirih

Parameter Pengamatan	Keterangan
Warna	Putih tulang
Aroma	Segar khas sirih
Tekstur	Kristal
Berat jenis	0,74 kg/m ³
LPS	42,50 cm ² /g
Laju alir	5,00 g/detik
Sudut tumpukan	24,23 ^o

Warna

Evaluasi warna pada bahan pakan penting untuk dilakukan guna mengetahui kualitas bahan secara fisik. Warna bahan pakan dapat berubah selama proses penyimpanan. Penyimpanan yang kurang tepat dapat menyebabkan kualitas bahan pakan menurun (Effendy and Haryuni 2024). Uji organoleptik pada Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa produk enkapsulasi ekstrak daun sirih pada penelitian ini memiliki putih tulang. Warna yang dihasilkan ini erat kaitannya dengan kandungan minyak atsiri yang ada didalam ekstrakdaun sirih. Minyak Atsiri merupakan zat aktif yang umumnya dihasilkan dari ekstraksi tumbuhan yang memiliki warna jernih.

Tiap jenis bahan pakan mempunyai karakteristik warna yang berbeda, begitu juga halnya dengan produk enkapsulasi. Perbedaan warna produk enkapsulasi dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang dienkapsulasi, metode ekstraksi dan metode pengeringan yang digunakan, warna dan jumlah bahan penyalut yang digunakan ketika proses enkapsulasi (Santoso et al. 2020; Mutia Rissa et al. 2025).

Aroma

Prinsip evaluasi secara organoleptik pada parameter aroma adalah pengamatan

menggunakan indera penciuman. Setiap jenis bahan pakan mempunyai aroma yang khas begitu juga. Uji organoleptik pada Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa produk enkapsulasi ekstrak daun sirih memiliki aroma segar khas daun sirih. Aroma ini berkaitan erat dengan kandungan senyawa aktif yang ada didalamnya daun sirih (Santoso et al. 2020; Yunilawati et al. 2021). Aroma pada produk enkapsulasi, selain dipengaruhi oleh senyawa aktif dari bahan yang di enkapsulasi juga dari bahan penyalut yang digunakan (Mutia Rissa et al. 2025).

Tekstur

Bentuk dan ukuran dari bahan pakan berpengaruh pada tingkat homogenitas pada saat pencampuran pakan (Haryuni 2024). Produk enkapsulasi ekstrak daun sirih pada penelitian ini memiliki tekstur berbentuk kristal. Bentuk kristal ini karena adanya proses kristalisasi dari bahan penyalut (matodextrin dan gum arab) pada saat proses pengeringan (Rosani et al. 2025). Bahan penyalut dari kombinasi maltodextrin dan gum arab umumnya menghasilkan produk yang memiliki bentuk kristal yang mengkilap. Berikut gambar produk enkapsulasi sebelum dilakukan penggilingan.



Gambar 1. Produk enkapsulasi ekstrak daun sirih

Adapun ukuran akhir dari produk enkapsulasi yang sudah digiling tergantung pengaturan diameter yang digunakan dalam proses penggilingan.

Uji Densitas

Uji densitas yang dilakukan pada produk enkapsulasi berperan penting dalam optimalisasi manajemen penyimpanan karena berkaitan erat dengan kapasitas tempat yang dibutuhkan untuk penempatan bahan pakan, penanganan dan pengolahannya (Haryuni, Harliana, et al. 2024). Berat jenis produk enkapsulasi dapat menjadi indikator yang menentukan tingkat homogenitas dan stabilitas partikel dalam pakan saat proses pencampuran pakan (Haryuni 2024). Hasil uji densitas yang tersaji pada Tabel 1 didapatkan berat jenis produk enkapsulasi ekstrak daun sirih sebesar 0,74 kg/m³. Nilai densitas ini menunjukkan masih adanya ruang kosong yang besar. Selain itu nilai densitas yang didapatkan ini juga

menunjukkan bahwa ukuran partikel produk enkapsulasi ini kecil (Mutia Rissa et al. 2025; Rosani et al. 2025). Hasil uji berat jenis pada penelitian ini sedikit lebih tinggi dibanding berat jenis pada produk enkapsulasi yang menggunakan bahan penyalut kombinasi amylum manihot prigelatinasi dan polivinilpirolidon yaitu rata-rata 0,46 g/cm³ (Sari et al. 2021).

Densitas tiap bahan hasil ekstraksi dan enkapsulasi dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang ada didalamnya baik dari bahan baku yang diekstrak ataupun bahan penyalut yang digunakan, kadar air, distribusi ukuran partikel, dan sifat permukaan partikel (Haryuni 2024; Rosani et al. 2025). Kadar air yang rendah dalam bahan pakan menyebabkan rendahnya kohesivitas sehingga rongga antar partikel dalam bahan menjadi besar dan kurang kompak. Densitas bahan pakan berpengaruh pada penanganan bahan saat penyimpanan, pengolahan, homogenitas campuran pakan dan transportasi (Tsani Farda et al. 2020; Lutfi et al. 2025).

Luas Permukaan Spesifik (LPS)

Luas permukaan spesifik (LPS) bahan pakan merupakan luas permukaan dari bahan pada bobot tertentu. Luas permukaan spesifik berperan penting dalam menentukan tingkat kehalusan bahan pakan tanpa mengetahui sebaran komposisi dan ukuran keseluruhan partikel (Haryuni 2024). Tujuan dari pengujian LPS diantaranya memudahkan proses penanganan seperti pengemasan, transportasi dan penyimpanan. Nilai LPS bahan pakan dapat dijadikan sebagai indikator dalam menentukan besarnya ukuran partikel secara total (Haryuni and Prastiya 2023). Nilai LPS yang didapatkan pada produk enkapsulasi ekstrak daun sirih sebesar 42,50 cm²/g. Nilai ini menunjukkan bahwa produk enkapsulasi berbentuk kristal dengan ukuran partikel kecil. Bahan pakan yang memiliki nilai LPS besar menunjukkan bahwa bahan tersebut membutuhkan kemasan yang cukup luas/besar (Haryuni 2024).

Uji Laju alir

Pengujian laju alir pada bahan pakan bertujuan untuk mengkarakterisasi sifat aliran bahan. Laju alir ini merupakan parameter yang digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan urutan bahan dalam proses pencampuran pakan (Haryuni and Prastiya 2023). Hasil perhitungan laju alir produk enkapsulasi pada penelitian ini sebesar 5,00 g/detik. Laju alir dari produk enkapsulasi pada penelitian ini hampir sama dengan laju alir pada produk granulasi, dimana produk granulasi

yang baik memiliki laju alir < 10 detik (Noor Hafifah et al. 2024).

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju alir bahan pakan diantaranya ukuran partikel dan bentuk bahan, distribusi ukuran partikel, kekerasan, serta luas permukaan dari bahan dan juga berat jenis dari bahan (Latifah and Lukman 2025). Bahan pakan dengan berat jenis tinggi memiliki laju aliran yang tinggi pula (Hidayati et al. 2024). Bahan penyalut yang digunakan dalam proses enkapsulasi memberikan pengaruh besar terhadap laju alir produk yang *feed additive* yang dihasilkan. Penggunaan gum arab sebagai bahan penyalut berfungsi sebagai emulsifier yang mampu mengikat zat aktif dari ekstrak daun sirih menjadi semakin kuat. Hal ini menyebabkan adanya gaya gesek antar partikel dari produk enkapsulasi menjadi semakin kecil dan laju alir meningkat. Kombinasi antara maltodextrin dan gum arab yang tepat menjadikan ikatan antar partikel dalam produk enkapsulasi semakin kuat dan ruang kosong antar partikel semakin kecil sebagaimana terlihat pada hasil produk enkapsulasi yang tersaji di Gambar 1 (Buang et al. 2023).

Uji Sudut Tumpukan

Sudut tumpukan yaitu sudut yang terbentuk antara sebuah bidang yang berbentuk datar dengan kemiringan tumpukan bahan yang diuji pada saat material bahan tersebut dituangkan dari atas bidang pada ketinggian tertentu. Satuan yang digunakan dalam parameter uji fisik berupa sudut tumpukan adalah derajat (Haryuni and Prastiya 2023). Besarnya sudut tumpukan dari bahan pakan juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui bentuk dari bahan tersebut. Besarnya sudut tumpukan produk enkapsulasi yang didapatkan dalam penelitian ini adalah 24,23°. Produk enkapsulasi dengan nilai sudut tumpukan sebesar 24,23° digolongkan dalam bahan yang bersifat sangat mudah mengalir (Haryuni 2024). Hal ini menunjukkan bahwa produk enkapsulasi ekstrak daun sirih memiliki ukuran partikel yang kecil sehingga pergerakan antar partikel lebih longgar dan bahan mudah sangat mudah mengalir (Wardiman et al. 2023). Sudut tumpukan yang didapatkan pada penelitian ini hampir sama dengan sudut tumpukan dari bungkil inti sawit yang dihaluskan yaitu 25,77° (Tsani Farda et al. 2020). Sudut tumpukan yang didapatkan pada penelitian ini juga hampir sama dengan produk hasil granulasi berkisar antara 25-30°. Pemilihan jenis bahan penyalut dan konsentrasi yang tepat dapat menghasilkan produk enkapsulasi dengan struktur permukaan partikel yang optimal. Hal ini dapat terjadi ketika

antar partikel dalam bahan memiliki gaya kohesi yang cukup yang dapat mencegah terjadinya segregasi pada bahan tetapi tidak menghambat laju alir dari bahan (Sari et al. 2021; Noor Hafifah et al. 2024).

Bahan pakan dengan sudut tumpukan yang kecil menunjukkan bahwa bahan tersebut mudah bergerak bebas. Sudut tumpukan juga dapat digunakan untuk menilai kemampuan aliran suatu bahan. Besarnya sudut tumpukan bahan pakan $\leq 30^\circ$ menunjukkan bahwa bahan tersebut memiliki sifat alir yang baik dan dapat mengalir dengan bebas (Haryuni 2024). Hal ini karena bentuk tumpukan yang lebih datar mencerminkan kohesi yang lebih rendah antar partikel (Tsani Farda et al. 2020; Latifah and Lukman 2025). Bahan pakan dengan nilai sudut tumpukan yang kecil akan mudah dalam penanganan dan pengisian di silo (Wardiman et al. 2023). Faktor yang berpengaruh terhadap pergerakan bahan pakan dalam membentuk sudut tumpukan ini diantaranya, kadar air dan nilai laju alir dari bahan (Yesi Chwenta Sari et al. 2023; Haryuni and Prastiya 2023).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian disimpulkan bahwa enkapsulasi ekstrak daun sirih memiliki kualitas fisik yang baik dengan karakteristik secara fisik berwarna putih, beraroma segar, berbentuk kristal, memiliki berat jenis sebesar 74,00 g/ml dan luas permukaan spesifik 42,50 mm²/g dan layak untuk dijadikan sebagai *feed additive* untuk ternak unggas.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengungkapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada pengelola hibah penelitian dengan skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) DIKTISAINTEK tahun anggaran 2025 (No. Kontrak 128/C3/DT.05.00/PL/2025) yang telah memberikan dukungan kepada kami melalui pendanaan untuk seluruh kegiatan penelitian hingga publikasi.

Daftar Pustaka

- Agustin Dini Asri, Wibowo AA. 2021. Teknologi Enkapsulasi: Teknik dan Aplikasinya. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi* [Internet]. 7(2):202–209. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Alydrus NL, Khofifah N. 2022. Efektifitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih Hijau (Piper Betle L) Terhadap *Staphylococcus Aureus*. *Indonesian Health Journal (Inhealth)*. 1(1):56–61.
- Anto A, Krismiyanto L, Mangisah I. 2025. PENAMBAHAN ENKAPSULASI Ekstrak Buah Mengkudu, Zn dan Cu pada Ransum

terhadap Asupan Protein dan Bobot Daging Ayam Broiler. In: *Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan Vol 3 (1)* [Internet]. Vol. 3. [place unknown]; p. 354–362. <https://doi.org/https://semnasfpp.uin-suska.ac.id/index.php/snipp>

- Arina Y, Pratiwi G, Alta U, Medika A. 2023. Efektivitas Kombinasi Ekstrak Daun Sirih Hijau (Piper betle) Dan Daun Mint (Mentha piperita) pada Uji Daya Hambat Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal 'Aisyiyah Medika* [Internet]. 8(2):26–41. <https://doi.org/10.36729/jam.v8i1>
- Badaruddin R, Aka R, Ollong AR, Tiya NAD. 2021. Kadar Kolesterol, Asam Urat dan Glukosa Darah Ayam Petelur yang Diberi Jus Daun Sirih (Piper betle Linn) pada Level yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner Tropis (Journal of Tropical Animal and Veterinary Science)*. 11(1):76. <https://doi.org/10.46549/jipvet.v11i1.172>
- Buang A, Adriana ANI, Rejeki S. 2023. Formulasi Tablet Ekstrak Etanol Biji Buah Pinang (*Areca catechu L.*) dengan Variasi Konsentrasi Gelatin Sebagai Bahan Pengikat. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*. 9(1):100–110. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i1.315>
- Christiani GJ, Rawar EA, Yuhara NA. 2023. Penentuan Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH dan Kandungan Fenol Total dalam Minyak Atsiri Daun Sirih Hijau. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan* [Internet]. 10(2):79–85. <https://doi.org/10.33508/jfst.v10i2.4893>
- Darwanto A, Sansabrina EHA, Sutarto IC. 2023. Efektivitas Penggunaan Piper batle L. untuk Memperpanjang Masa Simpan Telur Ayam Ras. *Jurnal Inovasi Daerah*. 2(2):179–190. <https://doi.org/10.56655/jid.v2i2.124>
- Effendy I, Haryuni N. 2024. Tropical Poultry Science and Technology Study of Quality Control Implementation in Raw Material Distribution at Feedmill. *Tropical Poultry Science and Technology*. 1(3):63–68.
- Eni Susilawati, Budi P. Soewondo. 2022. Pengaruh Nanoenkapsulasi pada Aktivitas Senyawa yang Berpotensi sebagai Antioksidan. *Jurnal Riset Farmasi*:1–8. <https://doi.org/10.29313/jrf.v2i1.692>
- Al Faizal YH, Yuniarto VD, Krismiyanto L. 2024. Ransum yang Ditambah Enkapsulasi Ekstrak Sirih Cina terhadap Konsumsi Kalsium dan Ukuran Tulang Tibia Broiler dengan Dipelihara pada Kepadatan Tinggi. In: *Seminar Nasional Peternakan,*

- Kelautan, dan Perikanan I (Semnas PKP I). [place unknown]; p. 1–6.
- Faya N, Zulkarnain D, Badaruddin R. 2022. Kualitas Telur Ayam Ras Petelur (Isa Brown) Yang Diberi Jus Daun Sirih (Piper bettle L). *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*. 4(3):2548–1908.
- Gloriana EM, Siswanto LS. 2021. Karakterisasi Flavonoid Daun Kitolod dengan Metode Maserasi dan Enkapsulasi. *Journal of Chemical and Process Engineering [Internet]*. 2(2):44–51. www.chempro.upnjatim.ac.id
- Handini, Nurani MP, Gomes E. 2024. Enkapsulasi Ekstrak Klorofil Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) pada Berbagai Konsentrasi Pelarut dengan Menggunakan Karagenan Malang. *Jurnal BisTek Pertanian: Jurnal Agribisnis dan Hasil Pertanian*. 11(2):49–55. <https://doi.org/10.37832/bistek.v11i2>
- Haryuni N. 2024. Study of the Quality and Strategic Role of Corn for Poultry Industry Development. *Tropical Poultry Science and Technology*. 1(1):41–50.
- Haryuni N, Harliana, Alam Y. 2024. Basic Knowledge of Animal Feed Formulation. *Tropical Poultry Science and Technology*. 1(1):25–33.
- Haryuni N, Hartutik, Widodo E, Wahjuningsih S. 2021. Interaction effect of vitamin E-selenium supplementation and metabolic energy on reproductive performance of Joper Breeders. *Indonesian Journal of Animal and Veterinary Science [Internet]*. 26(3):124–131. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v26i3.2842>
- Haryuni N, Hartutik, Widodo E, Wahjuningsih S. 2022. Effect of energy and dose of vitamin E selenium on improving the reproduction performance of Joper brood stock. Widodo E, Jayanegara A, Suyadi, Nurgartiningih VMA, Ciptadi G, Natsir MH, Wahjuningsih S, Sjojfan O, Marjuki, editors. *E3S Web of Conferences [Internet]*. 335:00036. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20223350036>
- Haryuni N, Hasanah N, Harliana, Yosef Sikone H. 2025. Interaction effect of inoculum type and dosage in the fermentation process on the quality of soy milk waste (SMW) for animal feed Pengaruh interaksi antara jenis dan dosis inokulum dalam proses fermentasi terhadap kualitas soy milk waste (SMW) untuk pakan ternak. *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan*. 8(2):67–73. <https://doi.org/10.25047/jipt.v8i2.5811>
- Haryuni N, Prastiya RA. 2023. Pedoman Penilaian Kualitas Jagung. Blitar: PT. Bestindo Berkah Lestari.
- Haryuni N, Tribudi YA, Hasanah N, Prasty RA. 2024. Improving the productivity of Joper chickens with fermented soy milk waste (SMW). In: *BIO Web Conf*. Vol. 88. [place unknown]: EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/2024880043>
- Haryuni N, Widodo E, Sudjarwo E. 2017. Efek Penambahan Jus Daun Sirih (*Piper bettle linn*) Sebagai Aditif Pakan Terhadap Performa Ayam Petelur. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*. 2(4):429. <https://doi.org/10.28926/briliant.v2i4.100>
- Haryuni N, Widodo E, Ya T, Wahjuningsih S. 2022. Impact of Aging on Sperm Quality of Sentul Roosters. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner [Internet]*. 27(4):177–185. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10-14334/jitv.v27i4.3015>
- Haryuni Nining, Widodo E, Sudjarwo E. 2015. Aktivitas Antibakteri Jus Daun Sirih (*Piper bettle linn*) Terhadap Bakteri Patogen Dan Kualitas Telur Selama Penyimpanan. *Journal of Tropical Animal Production [Internet]*. 16(1):48–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2015.016.01.8>
- Hatmayana R, Noval, Mardiyah D, Ramadhani RA, Auliyani N. 2022. Karakterisasi Nanokapsul Ekstrak Daun Serunai (*Chromolaena odorata* L.) dengan Variasi Kitosan-Alginat Menggunakan Metode Emulsi-Difusi. *Jurnal Surya Medika (JSM) [Internet]*. 8(3):187–194. <https://doi.org/10.33084/jsm.vxix.xxx>
- Hidayati S, Ayu Susanti D, Anggia Destiawan R, Angger Putri Soleh AM, Salsa Safitri A, Kalyana Meta N. 2024. Evaluasi Formula dan Aktivitas Antioksidan Sediaan Granul Effervescent Daun Pepaya Jepang (*Cnidioscolus Aconitifolius*). *Jurnal Farmamedika (Pharmamedica Journal)*. 9(2):246–255.
- Hulu LC, Fau A, Sarumaha M. 2022. Pemanfaatan Daun Sirih Hijau (*Piper Betle* L) sebagai Obat Tradisional di Kecamatan Lahusa. *TUNAS: Jurnal Pendidikan Biologi [Internet]*. 3(1). <https://jurnal.uniraya.ac.id/index.php/Tunas/index>
- Latifah L, Lukman H. 2025. Formulasi dan Karakterisasi Tablet Ekstrak Daun Sirih dengan Variasi Konsentrasi Amilum Zea Mays L sebagai Bahan Penghancur. *Jurnal Farmamedia (Pharmamedica Journal)*. 10(1):123–130.

- Lutfi KB, Kalsum U, Yulianti DL. 2025. Pengaruh Umur Simpan Dedak Padi Terhadap Berat Jenis dan Kerapatan Tumpukan. *JURNAL DINAMIKA REKASATWA*. 8(2):31–36.
- Mutia Rissa M, Wijaya A, Urfiyya A. 2025. FORMULASI DAN EVALUASI FISIK SEDIAAN KAPSUL EKSTRAK DAUN BINAHONG (*Anredera cordifolia* Steen.) SEBAGAI ANTIDIABETES. *Forte Journal* [Internet]. 5(1):203–214. <https://www.ojs.unhaj.ac.id/index.php/fj>
- Nguyen TT, Nguyen T-TT, Tran T Van, Tan L Van, Danh LT, Than VT. 2021. Development of Antibacterial, Antioxidant, and UV-Barrier Chitosan Film Incorporated with Piper betle Linn Oil as Active Biodegradable Packaging Material. *Coating Journal* [Internet]. 11(351):1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/coatings11030351>
- Nining Haryuni, M Khoirul Anam, Ihsa Kurniawan Mitra, Saifulloh Ali Rohman, M Zainul Fadhli, Sania Farda Almi, Mochammad Imam Muchlisin, Rino Rastika, Muhammad Bahaul Ma'mun. 2023. Strategi Cerdas Pemeliharaan Ayam Petelur [Internet]. Blitar: PT. Bestindo Berkah Lestari; [accessed 2023 Aug 26]. <https://isbn.perpusnas.go.id/Account/SearchBuku?searchTxt=978-623-09-4420-8&searchCat=ISBN>
- Nisyak K, Hisbiyah A, Haqqo A. 2022. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Minyak Atsiri Sirih Hijau Terhadap Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*. 5(1):1–14.
- Noor Hafifah F, Sonia Agustina L, Faqih Madhani M, Latifah N, Jannah R, Rizka Amalia Y. 2024. REVIEW: FORMULASI TABLET METODE GRANULASI BASAH DAN EVALUASI SIFAT FISIK TABLET. *Sains Medisina*. 3(2):60–72.
- Noviyani T, Wartini NM, Harsojuwono BA. 2022. Effect of Comparison of Maltodextrin and Gum Arabic on the Characteristics of Cassava Leaf (*Manihot esculenta* C.) Encapsulate Colorant Extract. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 11(1):1–13.
- Putri NLPT, Paramita NLPV. 2023. Review Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) Metode Difusi dan Mikrodilusi. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)* [Internet]. 4(2):6–18. <http://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla/issue/archive>
- Rizqita A, Haryuni N, Lestariningsih. Pengaruh Umur dan Tipe Kandang (Close House dan Open House) terhadap Kualitas Fisik Telur Ayam. *BRILIANT: Jurnal Riset dan Konseptual* [Internet]. 8(2):2023. <https://doi.org/10.28926/briliant.v8i2>
- Rosani U, Hidayat R, Yulianti D, Azzahra M, Putri SR. 2025. Karakterisasi Rumput Laut berdasarkan Densitas, Warna, dan Rendemen sebagai Bahan Pakan. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*. 27(1):1–8. <https://doi.org/10.25077/jpi.27.1.1-8.2025>
- Sadiyah HH, Cahyadi AI, Windria S. 2022. Kajian Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L) Sebagai Antibakteri. *Jurnal Sain Veteriner*. 40(2):128. <https://doi.org/10.22146/jsv.58745>
- Santoso BD, Ananingsih VK, Soedarini B, Stephanie J. 2020. PENGARUH VARIASI MALTODEKSTRIN DAN KECEPATAN HOMOGENISASI TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA ENKAPSULAT BUTTER PALA (*Myristica fragrans* Houtt) DENGAN METODE VACUUM DRYING. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 13(2):94. <https://doi.org/10.20961/jthp.v13i2.43576>
- Sari RP, Pambudi DB, Rahmatullah S, Ningrum WA. 2021. Karakterisasi Sifat Fisik Granul Dengan Bahan Pengikat Amylum Manihot Prigelatinasi Dan Polivinilpirolidon. In: *Seminar Nasional Kesehatan*. [place unknown]; p. 50–58.
- Setiawan Wibowo T, Annisaul Mubarakah F. 2025. Pemanfaatan Daun Sirih Hijau Sebagai Bahan Baku Minyak Atsiri: Inovasi dan Pemberdayaan Masyarakat. *Easta Journal of Innovative Community Services*. 3(02):94–104. <https://doi.org/10.58812/ejincs.v3i02>
- Srikacha N, Ratananikom K. 2020. Antibacterial activity of plant extracts in different solvents against pathogenic bacteria: An in vitro experiment. *Journal of Acute Disease*. 9(5):223. <https://doi.org/10.4103/2221-6189.291288>
- Suarantika F, Patricia VM, Rahma H. 2023. Optimasi Proses Ekstraksi Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) yang Memiliki Aktivitas Antioksidan Berdasarkan Penggunaan secara Empiris. *Jurnal Ilmiah Medicamento*. 9(1):16–21. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v9i1.5253>
- Susanti F, Haryuni N, Lestariningsih. 2022. Effect of Age and Type of Cage (Close House and Open House) on Hen House , Feed Efficiency , Mortality and Livability of

- Laying hens. *Journal Of Development Research* [Internet]. 6(1):125–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.28926/jdr.v6i1.209>
- Tsani Farda F, Mahiseta Syahniar T, Kusuma Wijaya A, Ermawati R. 2020. Sifat Fisik Bungkil Inti Sawit Hasil Ayakan Phisycal Characteristic of Sifted Palm Kernel Meal. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. 9(2):21–26.
- Wardiman B, Dianasari U, Waliana Syaggaf A, Syaf M. 2023. Uji Fisik Pelet Ayam Petelur Dengan Substitusi Konsentrat Komersial Dan Maggot Bsf Segar. *Agrovital : Jurnal Ilmu Pertanian*. 8(2):169–173.
- Wati RR, Sriwidodo S, Chaerunisa AY. 2022. Peningkatan Stabilitas Fitokonstituen melalui Pendekatan Mikroenkapsulasi. *Majalah Farmasetika*. 7(1):39. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i1.35265>
- Yesi Chwenta Sari, Montesqrit Montesqrit, Yetti Marlida, Syafri Nanda. 2023. Analisis Sifat Fisik Dedak Padi sebagai Pakan Ternak dari Beberapa Varietas Padi Lokal di Kabupaten Agam Sumatera Barat. *JURNAL TRITON*. 14(1):180–187. <https://doi.org/10.47687/jt.v14i1.412>
- Yunilawati R, Rahmi D, Handayani W, Imawan DC. 2021. Minyak Atsiri: Sebagai Bahan Antimikroba dalam Pengawetan Pangan. In: *Minyak Atsiri: Produksi dan Aplikasinya untuk Kesehatan* [Internet]. [place unknown]; p. 85–121. <https://doi.org/10.15294/.v0i0.24>
- Zulfikar Jafar M, Krismiyanto L, Dwi Yuniyanto V, Yusuf R. 2024. Penambahan Enkapsulasi Ekstrak Daun Tahongai pada Ransum terhadap Kecernaan Protein dan Bobot Daging Ayam Broiler yang Dipelihara pada Kepadatan Tinggi. In: *Seminar Nasional Peternakan, Kelautan, dan Perikanan I*. [place unknown]; p. 7–13.