

# Potensi Teknologi Encapsulasi pada Fortifikasi Pangan Unggas di Indonesia: Kajian Material dan Metode Encapsulasi

(The Potential of Encapsulation Technology in Food Fortification of Poultry in Indonesia: A Review of Materials and Encapsulation Methods)

Jasmine Rahma Kesuma Nirvana<sup>1\*</sup>, Lucky Oktavia Wahyudi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37 Kampus Tegalboto, Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia 68121

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Kalijudan No. 37, Pacar Kembang, Kecamatan Tambaksari, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60114

\*Corresponding author: [jasminenirvana@unej.ac.id](mailto:jasminenirvana@unej.ac.id)

**Abstrak.** Kebutuhan protein hewani di Indonesia menjadi prioritas utama dalam pemenuhan gizi bagi masyarakat. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas daging unggas adalah meningkatkan mutu pakan unggas. Suplementasi pakan unggas dapat dilakukan dengan menambahkan bahan yang mengandung antioksidan untuk meningkatkan kesehatan dan mencegah penyakit pada unggas. Suplementasi dapat dilakukan dengan penambahan encapsulasi senyawa bioaktif dalam pakan unggas. Teknik encapsulasi untuk menjaga senyawa antioksidan tetap memiliki efikasi yang baik. Teknik encapsulasi dapat diterapkan pada fortifikasi pangan unggas, yaitu dengan membuat kapsul berisi senyawa aktif antioksidan pada pakan untuk meningkatkan produktivitas unggas. Studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang ketahanan pangan di Indonesia ditinjau dari performa unggas yang diberikan pakan yang mengandung senyawa aktif terenkapsulasi, mengingat kebutuhan asupan protein hewani di Indonesia cukup tinggi. Pada studi ini, dilakukan *review* artikel ilmiah dengan topik terkait secara komperhensif yaitu dengan mengklasifikasikan artikel ilmiah berdasarkan material dan metode encapsulasi yang digunakan. Material encapsulasi berupa maltodekstrin menjadi material encapsulasi yang banyak dipilih karena memiliki karakteristik stabil dan tidak mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif yang dienkapsulasi. Teknik *freeze-drying* paling banyak dipilih dalam encapsulasi karena menggunakan suhu rendah yang terbukti dapat menjaga senyawa bioaktif tetap stabil dan tidak terdegradasi yang mengakibatkan perubahan struktur maupun fungsionalitasnya. Meskipun demikian, material encapsulasi dan teknik encapsulasi lain dapat dipilih dengan pertimbangan yang tepat pada pemilihan bahan aktif yang akan dienkapsulasi.

**Kata kunci:** encapsulasi, senyawa bioaktif, fortifikasi pangan, pakan, unggas

**Abstract.** The demand for animal protein in Indonesia is a top priority in meeting the nutritional needs of the society. One approach to improving the quality of poultry meat is by enhancing the quality of poultry feed. Poultry feed supplementation can be achieved by incorporating antioxidant-containing materials to improve health and prevent diseases in poultry. Such supplementation can be carried out through the addition of encapsulated bioactive compounds in poultry feed. Encapsulation techniques are applied to maintain the efficacy of antioxidant compounds. These techniques can be utilized in poultry food fortification by producing feed capsules containing active antioxidant compounds to enhance poultry productivity. This study aims to provide an overview of food security in Indonesia in terms of poultry performance when fed diets containing encapsulated bioactive compounds, considering the high demand for animal protein intake in the country. This study presents a comprehensive review of scientific articles related to the topic by classifying them based on the encapsulation materials and methods employed. Maltodextrin is the most commonly selected encapsulation material due to its stability and its ability to preserve the stability of the encapsulated bioactive compounds. Freeze-drying is the most frequently used encapsulation technique, as it operates at low temperatures, which has been proven to maintain the stability of bioactive compounds and prevent degradation that could alter their structure and functionality. Nevertheless, other encapsulation materials and

techniques may be selected with appropriate consideration of the specific active compounds to be encapsulated.

**Keywords:** Encapsulation, Bioactive compounds, Food fortification, Feed, Poultry

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan protein hewani di Indonesia menjadi prioritas utama dalam pemenuhan gizi bagi masyarakat. Protein hewani di Indonesia didapatkan dari konsumsi daging hewan unggas dan ruminansia. Berdasarkan data BPS pada tahun 2025, rata-rata konsumsi harian protein hewani oleh masyarakat Indonesia sebesar 62,78 gram per kapita di mana rata-rata kalori harian sebesar 2.073,43 kkal [1]. Artinya, rata-rata konsumsi protein hewani harian masyarakat Indonesia sebesar 0,03% dari total rata-rata kalori harian [1]. Sedangkan, menurut World Health Organization (WHO) konsumsi protein yang direkomendasikan adalah 33-66 gram per hari sesuai dengan berat badan dan usia lebih dari 18 tahun [2]. Hal ini dapat menjadi pertimbangan dalam upaya pemenuhan kebutuhan protein bagi masyarakat Indonesia melalui produksi unggas berkualitas.

Hal tersebut didukung oleh Indonesia yang merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi daging unggas cukup tinggi. Setidaknya, produksi unggas pada tahun 2023 di Indonesia mencapai 4.092.764.394,12 kg. Total produksi unggas tersebut terdiri dari produksi daging ayam petelur sebanyak 190.256.426,08 kg, produksi daging ayam pedaging sebanyak 3.721.641.755,83 kg, produksi daging itik sebanyak 37.075.523,21 kg, produksi daging ayam buras 143.790.689 kg [3]. Produksi unggas di Indonesia yang cukup tinggi dapat menjadi titik awal untuk memproduksi unggas berkualitas. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas daging unggas adalah meningkatkan mutu pakan unggas.

Pakan unggas umumnya terdiri dari dedak yang terbuat dari kulit luar biji padi. Kulit padi mengandung mikronutrien yang baik bagi unggas seperti protein, lemak dan serat [4]. Selain itu, saat ini bahan yang banyak digunakan pada pembuatan pakan unggas adalah maggot [5]. Hasil pertanian seperti jagung juga dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan pakan unggas [6]. Peningkatan kualitas mutu pakan unggas bertujuan untuk meningkatkan kualitas daging unggas yang dihasilkan. Beberapa studi telah melakukan modifikasi pakan unggas untuk meningkatkan performa unggas dan daging unggas yang dihasilkan, di antaranya dengan menambahkan dedak terfermentasi dan bahan lain ke dalam pakan unggas [7], [8], [9].

Selain memodifikasi pakan unggas, suplementasi dibutuhkan dalam pemberian pakan untuk meningkatkan performa unggas. Hal ini dikarenakan suplementasi dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas unggas. Sehingga, daging unggas yang dihasilkan memiliki mutu tinggi. Suplementasi pakan unggas dapat dilakukan dengan menambahkan bahan yang mengandung antioksidan untuk meningkatkan kesehatan dan mencegah penyakit pada unggas. Di samping itu, senyawa antioksidan dapat meningkatkan imunitas dan kesehatan pencernaan yang berdampak pada peningkatan kualitas telur yang dihasilkan oleh unggas [10].

Namun, senyawa antioksidan memiliki karakteristik rentan terhadap kondisi yang tidak stabil seperti kondisi lingkungan yang asam dan suhu tinggi. Sehingga, diperlukan teknik untuk menjaga senyawa antioksidan tetap memiliki efikasi yang baik. Salah satu teknik untuk meningkatkan efikasi senyawa antioksidan adalah teknik enkapsulasi. Teknik ini merupakan metode yang efektif, tidak hanya meningkatkan efikasi namun juga stabilitas senyawa antioksidan [11]. Enkapsulasi memiliki prinsip menggunakan bahan pelindung (*wall materials*) dengan cara melapisi senyawa aktif yang bertujuan untuk melindungi senyawa aktif dari degradasi lingkungan [12], [13]. Teknik enkapsulasi dapat diterapkan pada fortifikasi pangan unggas, yaitu dengan membuat kapsul berisi senyawa aktif antioksidan pada pakan untuk meningkatkan produktivitas unggas [14].

Pada studi ini, dilakukan kajian literatur teknik enkapsulasi untuk fortifikasi pangan pada unggas di Indonesia. Studi dilakukan dengan melakukan *review* artikel ilmiah dengan topik terkait secara komperhensif yaitu dengan mengklasifikasikan artikel ilmiah berdasarkan material dan metode enkapsulasi yang digunakan. Studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang ketahanan pangan di Indonesia ditinjau dari performa unggas yang diberikan pakan yang mengandung senyawa aktif terenkapsulasi, mengingat kebutuhan asupan protein hewani di Indonesia cukup tinggi.

## 2. Metode Penelitian

Metode dalam studi ini menggunakan kajian literatur (*literature review*). Sumber literatur didapatkan dari basis data Scopus, NCBI, SINTA dan Google Scholar. Pencarian sumber literatur menggunakan kata kunci (*keywords*) yaitu “*encapsulation*”, “*encapsulating agent*”, “*encapsulation for poultry*”, “*food fortification for poultry*”. Batasan sumber literatur yang digunakan yaitu tahun terbit antara 2017-2026 untuk mendapatkan hasil penelitian terkini. Di samping itu, sumber literatur yang digunakan memiliki fokus penelitian di Indonesia. Alat bantu yang digunakan dalam studi ini yaitu ResearchRabbit yang merupakan AI untuk membantu mengidentifikasi sumber literatur dengan cara *mapping* jaringan sitasi sesuai kata kunci yang digunakan [15], [16]. Sumber literatur yang digunakan kemudian disaring berdasarkan inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi sumber literatur di antaranya artikel ilmiah yang memiliki fokus penelitian di Indonesia dan membahas teknik enkapsulasi pada pakan unggas dengan berbagai metode serta material enkapsulasi. Kriteria eksklusi pada sumber literatur dalam studi ini adalah artikel *review*, abstrak paten, atau berfokus penelitian di luar wilayah Indonesia. Sumber literatur yang didapatkan kemudian disaring kembali secara bertahap mulai dari judul, abstrak kemudian isi naskah keseluruhan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil klasifikasi literatur

Berdasarkan *literature review* yang telah dilakukan didapatkan artikel ilmiah sebanyak 13 artikel. Hasil kurasi artikel ilmiah yang telah dilakukan didapatkan sebanyak artikel ilmiah yang masuk dalam kriteria inklusi pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Artikel yang masuk pada kriteria inklusi

| Peneliti | Sumber Bahan Aditif                       | Material Enkapsulasi   | Metode Enkapsulasi   | Hasil Performa Unggas                                                                                                                                          |
|----------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [17]     | Ekstrak buah mengkudu                     | Maltodekstrin          | <i>Freeze-drying</i> | Peningkatan bakteri asam laktat, peningkatan ketercernaan protein, penurunan bakteri <i>E. coli</i> dalam pencernaan unggas.                                   |
| [18]     | Ekstrak kunyit                            | Maltodekstrin          | <i>Freeze-drying</i> | Peningkatan digestibilitas protein, peningkatan indeks massa pada organ limpa; bursa; dan timus, penurunan bakteri patogen.                                    |
| [19]     | Ekstrak kapulaga                          | Maltodekstrin          | <i>Freeze-drying</i> | Peningkatan bakteri asam laktat yang menyebabkan menurunkan pH pada pencernaan dan penurunan bakteri Coliform, peningkatan penyerapan nutrisi pada usus kecil. |
| [20]     | Ekstrak daun <i>Acalypha australis</i> L. | Kitosan, Maltodekstrin | <i>Freeze-drying</i> | Penurunan bakteri Coliform, peningkatan massa unggas, penurunan kadar trombosit.                                                                               |
| [21]     | Ekstrak mengkudu                          | Maltodekstrin          | <i>Dry oven</i>      | Peningkatan bobot unggas, penurunan kadar kolesterol.                                                                                                          |

| Peneliti | Sumber Bahan Aditif                                                                                                                                                                                                                        | Material Enkapsulasi   | Metode Enkapsulasi                                                | Hasil Performa Unggas                                                                 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| [22]     | Bromelain dari kulit nanas                                                                                                                                                                                                                 | Maltodekstrin, Kitosan | <i>Vacuum-drying</i>                                              | Peningkatan bobot unggas.                                                             |
| [23]     | <i>Multi-strain probiotics</i>                                                                                                                                                                                                             | Nanokitosan            | Gelasi ionik                                                      | Peningkatan sistem imunitas unggas, peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi.         |
| [24]     | <i>Kaempferia galanga L., Curcuma xanthorrhiza roxb, Zingiber officinale, Actinomyces, Andrographis paniculata, Piper betle, Moringa oliefera, Carica papaya, Lactic acid bacteria, yeast, fermentation fungi, Photosynthetic bacteria</i> | Maltodekstrin          | <i>Low-temperature microwave</i>                                  | Peningkatan bobot unggas, peningkatan bakteri asam laktat, penurunan bakteri E. coli. |
| [14]     | Asap cair                                                                                                                                                                                                                                  | Kitosan                | Enkapsulasi langsung menggunakan <i>homogenizer, Spray drying</i> | Peningkatan bobot unggas, penurunan bakteri E. coli                                   |
| [25]     | Ekstrak kunyit                                                                                                                                                                                                                             | Dekstrin               | <i>Spray drying</i>                                               | Peningkatan bobot unggas, peningkatan <i>feed conversion ratio</i>                    |
| [26]     | Ekstrak daun kenikir dan sambilot                                                                                                                                                                                                          | Maltodekstrin          | <i>Freeze-drying</i>                                              | Peningkatan bobot unggas, peningkatan kesehatan usus, peningkatan limfoid pada organ  |
| [27]     | Fermerherbafit berupa kunyit, temulawak, bawang putih, mengkudu, daun kelor, gula jawa dan probiotik berupa asinan kubis                                                                                                                   | Kitosan                | Koaservasi                                                        | Peningkan konsumsi pakan dan bobot unggas belum menghasilkan performa yang signifikan |
| [28]     | Ekstrak limbah kapulaga                                                                                                                                                                                                                    | Maltodekstrin          | <i>Freeze-drying</i>                                              | Peningkatan <i>lactic acid bacteria</i> (LAB), peningkatan bobot harian unggas        |

### 3.2. Pengaruh Material Enkapsulasi Terhadap Performa Unggas

#### 3.2.1. Maltodekstrin dan Dekstrin

Maltodekstrin merupakan polisakarida yang banyak digunakan pada berbagai riset enkapsulasi sebagai material enkapsulan. Menurut studi yang dilakukan oleh Rahma dan kawan-kawan, maltodekstrin menjadi opsi material enkapsulan karena memiliki karakteristik netral pada berbagai pH dan hidrofilik sehingga mudah terserap. Pada dasarnya, maltodekstrin memiliki karakteristik stabil dan tidak mempengaruhi efikasi senyawa bioaktif yang dienkapsulasi. Hal ini menyebabkan maltodekstrin menjadi pilihan yang tepat sebagai material enkapsulan [17]. Selain itu, didukung oleh hasil riset yang dilakukan oleh Febrianta dan kawan-kawan membuktikan bahwa maltodekstrin dapat meningkatkan penyerapan atau absorpsi nutrisi di dalam sistem pencernaan unggas dan meningkatkan villi usus pada unggas [18]. Dalam penelitian ini diungkapkan bahwa maltodekstrin dapat membantu meningkatkan keseimbangan mikroflora di dalam saluran pencernaan unggas. Tak hanya itu, enkapsulasi menggunakan material maltodekstrin juga memberikan performa yang signifikan pada unggas seperti peningkatan kesehatan usus [26]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rossy dan kawan-kawan, pemilihan maltodekstrin sebagai agen pengenkapsulasi dikarenakan maltodekstrin memiliki karakteristik yang tidak berwarna dan mudah larut dalam air sehingga dapat meningkatkan bioavailabilitas senyawa bioaktif. Selain itu, maltodekstrin juga merupakan polisakarida yang ekonomis sehingga dapat menjadi pilihan bahan aditif untuk penerapan skala besar [21].

#### 3.2.2. Kitosan dan Nanokitosan

Kitosan merupakan salah satu polisakarida yang juga banyak digunakan dalam riset enkapsulasi sebagai material enkapsulan. Kitosan memiliki karakteristik hidrofilik dan mudah larut dalam air. Studi yang dilakukan oleh Sugiharto dan kawan-kawan menunjukkan bahwa kitosan sebagai material enkapsulasi dapat membantu absorpsi senyawa bioaktif dari ekstrak daun *A. australis* ke dalam pencernaan unggas. Selain itu, kitosan yang dikombinasikan dengan senyawa bioaktif *A. australis* juga dapat membantu meningkatkan konsumsi pakan pada unggas apabila dibandingkan dengan material enkapsulasinya hanya kitosan. Kitosan yang dikombinasikan dengan senyawa bioaktif dapat menurunkan jumlah bakteri coliform dalam pencernaan unggas. Di samping itu, material kapsul berupa maltodekstrin juga membantu memberikan penyerapan nutrisi pada unggas [20].

Pemilihan kitosan sebagai material enkapsulasi didasarkan oleh karakteristik kitosan yang mempertahankan efisiensi absorpsi pada pelepasan senyawa bioaktif ke dalam saluran pencernaan meskipun pada studi tersebut tidak disebutkan secara eksplisit pengaruh kitosan terhadap hasil enkapsulasi pada suplementasi unggas [22]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Febrian dan kawan-kawan menunjukkan bahwa kitosan yang difabrikasi pada skala nano menjadi nanokitosan dapat memberikan efisiensi penyerapan lebih besar ketika pelepasan senyawa bioaktif. Hal ini dikarenakan oleh ukuran material lebih kecil yaitu ukuran nano dapat memberikan efek dispersi yang lebih baik [23]. Pada studi tersebut menggunakan bahan aditif berupa probiotik dalam suplementasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi nanokitosan dan probiotik dapat meningkatkan imunomodulator sehingga sistem imun unggas juga meningkat.

#### 3.3.1. Freeze Drying

Teknik *freeze-drying* merupakan metode enkapsulasi suhu rendah yang efektif digunakan untuk menjaga stabilitas bahan agar tidak terdegradasi pada suhu tinggi. Umumnya, teknik ini diaplikasikan pada enkapsulasi senyawa bioaktif. Metode enkapsulasi menggunakan teknik *freeze-drying* merupakan metode yang paling banyak digunakan pada enkapsulasi senyawa bioaktif untuk fortifikasi pangan unggas. Hal ini didasarkan oleh bentuk hasil enkapsulasi berupa *powder* kering yang memudahkan enkapsulasi senyawa bioaktif memiliki bioavailabilitas tinggi sehingga mudah terserap dalam pencernaan unggas. Pada studi yang dilakukan oleh Rahma dan kawan-kawan, enkapsulasi dilakukan dengan memanfaatkan ekstrak buah mengkudu yang dikombinasikan dengan mineral seperti Cu dan Zn untuk meningkatkan massa tubuh unggas dan menjaga stabilitas senyawa bioaktif dari ekstrak buah mengkudu [17]. Studi tersebut berfokus pada peningkatan imunitas unggas, ketercernaan protein, *feed intake* dan *feed conversion ratio*. Teknik enkapsulasi yang digunakan adalah *freeze-drying* untuk mendapatkan produk enkapsulasi berupa *powder*. Hasil studi tersebut menunjukkan adanya peningkatan

ketercernaan protein pada pencernaan unggas. Hal ini berpengaruh pada *daily body weight gain* atau pertambahan bobot harian pada unggas yang juga meningkat [28].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Febrianta dan kawan-kawan yang memanfaatkan ekstrak kunyit sebagai senyawa bioaktif yang terenkapsulasi oleh maltodekstrin untuk perkembangan performa unggas. Meskipun secara eksplisit pengaruh metode *freeze-drying* terhadap performa unggas tidak dibahas, namun metode enkapsulasi menggunakan teknik *freeze-drying* dipilih untuk mendapatkan produk berupa *powder* kering yang diharapkan dapat membantu meningkatkan digestibilitas protein pada pencernaan unggas [18]. Pada studi lain, teknik *freeze-drying* juga digunakan untuk enkapsulasi bahan aditif yang sensitif dan mudah terdegradasi seperti probiotik. Penelitian yang dilakukan oleh Rossy dan kawan-kawan yaitu enkapsulasi ekstrak probiotik berupa *Lactobacillus plantarum* dikombinasikan dengan limbah kapulaga. Enkapsulasi dilakukan dengan teknik *freeze-drying* pada suhu -50°C. Suhu yang sangat rendah dapat menjaga probiotik agar tetap stabil pada proses enkapsulasi serta pelepasan pada pencernaan unggas. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan *lactic acid bacteria* (LAB) dan diikuti oleh penurunan kadar bakteri Coliform pada sistem pencernaan unggas [19]. Dalam penelitian lain, enkapsulasi dengan memanfaatkan ekstrak daun *Acalypha australis* L. menggunakan teknik *freeze-drying* menunjukkan hasil peningkatan massa unggas meskipun tidak signifikan [20]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Agusetyaningsih, dan kawan-kawan, enkapsulasi ekstrak daun kenikir dan sambiloto sebagai agen aktif menggunakan metode *freeze-drying* tidak hanya meningkatkan massa tubuh unggas namun juga peningkatan kesehatan usus dan limfoid pada organ [26].

### 3.3.2. Dry Oven

Teknik enkapsulasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode *dry oven*. Meskipun penelitian tentang enkapsulasi jarang mengaplikasikan teknik ini, namun metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat memperpanjang umur simpan produk hasil enkapsulasi. Teknik *dry oven* biasanya digunakan untuk bahan-bahan yang tahan terhadap suhu lebih tinggi dari suhu ruang. Namun, tidak menutup peluang bahwa teknik *dry oven* juga dapat diaplikasikan pada enkapsulasi senyawa bioaktif. Pada penelitian yang dilakukan oleh Widjastuti dan kawan-kawan, enkapsulasi dilakukan dengan memanfaatkan ekstrak buah mengkudu sebagai bahan aktif dalam suplementasi unggas. Meskipun menggunakan senyawa bioaktif, namun mikrokapsul yang difabrikasi dapat dikombinasikan dengan bahan polisakarida berupa maltodekstrin yang dapat stabil pada suhu lebih tinggi dari suhu ruang. Dalam hal ini, enkapsulasi dilakukan dengan *dry oven* pada suhu 60°C. Suhu diatur tidak terlalu tinggi agar tidak mendegradasi senyawa bioaktif. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa adanya peningkatan massa unggas dan menurunkan kadar kolesterol pada unggas [21].

### 3.3.3. Gelasi Ionik

Metode enkapsulasi menggunakan teknik gelasi ionik merupakan metode yang jarang diterapkan. Enkapsulasi menggunakan teknik gelasi ionik melibatkan dua polimer yang berbeda muatan yaitu polikation dan polianion. Polikation umumnya berupa polimer yang memiliki gugus positif, contohnya seperti kitosan dan polianion atau polimer bergugus negatif yang banyak digunakan adalah sodium tripolifosfat. Pada studi yang telah dilakukan oleh Febrian dan kawan-kawan, enkapsulasi menggunakan teknik gelasi ionik di mana material enkapsulasi berupa nanokitosan ditambahkan ke probiotik kemudian diikuti penambahan sodium tripolifosfat tetes demi tetes lalu dilakukan homogenisasi. Pada dasarnya, metode gelasi ionik dilakukan untuk mendapatkan material nano yang stabil secara muatan [23]. Penelitian yang dilakukan oleh Febrian dan kawan-kawan, enkapsulasi dengan menggunakan teknik gelasi ionik untuk meningkatkan absorpsi nutrisi ke dalam sistem pencernaan usus unggas. Fabrikasi nanoenkapsulasi menghasilkan probiotik terenkapsulasi nanokitosan dengan hasil analisis ukuran partikel kisaran 100-200 nm dan stabil selama 11 hari tidak adanya aglomerasi. Hasil penelitian menunjukkan nanoenkapsulasi probiotik terenkapsulasi nanokitosan tidak hanya dapat meningkatkan absorpsi nutrisi namun juga meningkatkan sitokin yang menyebabkan peningkatan sistem imun pada unggas [23].

### 3.3.4. Low Temperature Microwave

Metode *low-temperature microwave* merupakan salah satu metode enkapsulasi yang dilakukan pada suhu rendah yaitu kisaran antara suhu 30-50°C. Pada suhu ini, beberapa senyawa bioaktif masih tetap stabil dan tidak terdegradasi. Teknik *low-temperature microwave* digunakan untuk menjaga kestabilan bahan aktif yang dienkapsulasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Amelia dan kawan-kawan, bahan yang dienkapsulasi adalah beberapa bahan bioherbal dan probiotik. Pada studi tersebut, enkapsulasi dilakukan dengan teknik *low-temperature microwave* selama 35-50 menit. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan unggas yang diberi fortifikasi pangan pada pakan menghasilkan performa peningkatan massa tubuh unggas seiring dengan penambahan konsentrasi mikroenkapsulasi bioherbal meskipun tidak terlalu signifikan yaitu di antara 1460-1488 g per unggas. Selain itu, performa lain yang ditunjukkan yaitu adanya peningkatan kadar bakteri asam laktat (*lactic acid bacteria*) pada pencernaan unggas yang menyebabkan penurunan bakteri patogen seperti *Salmonella sp.* dan *Escherichia coli* [24].

#### 3.3.5. Spray Drying

Metode *spray drying* merupakan salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam enkapsulasi senyawa bioaktif. Hal ini dikarenakan metode *spray drying* umumnya digunakan pada material enkapsulasi yang memiliki viskositas rendah [29]. Sehingga, metode ini efektif diaplikasikan pada enkapsulasi untuk pangan dan memudahkan distribusi serta pelepasan pada pencernaan unggas. Penelitian yang telah dilakukan oleh Andy dan kawan-kawan, enkapsulasi asap cair menggunakan teknik *spray drying*. Asap cair dinilai dapat mengurangi pertumbuhan bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *E. coli* dan *Candida albicans* karena mengandung senyawa fenol yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa 1,5% asap cair terenkapsulasi dapat menyeimbangkan mikroflora dalam sistem pencernaan unggas. Namun, konsentrasi 1,5% asap cair terenkapsulasi tidak menunjukkan hasil signifikan pada penambahan massa unggas (*body weight gain*) [14].

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Rido dan kawan-kawan, enkapsulasi ekstrak kunyit sebagai bahan aditif pada pakan unggas menggunakan metode *spray drying*. Ekstrak kunyit dan material enkapsulasi berupa dekstrin dilakukan homogenisasi selama 5 menit pada kecepatan 13.000 rpm kemudian dikeringkan menggunakan *spray dryer* untuk mendapatkan produk ekstrak kunyit yang terenkapsulasi sebagai bahan aditif pakan unggas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya peningkatan massa tubuh unggas meskipun tidak signifikan dengan konsentrasi enkapsulasi ekstrak kunyit sebesar 0,75% [25].

#### 3.3.6. Vacuum Drying

Teknik *vacuum drying* merupakan salah satu metode enkapsulasi yang jarang diterapkan. Namun, teknik ini dapat diaplikasikan dalam menghasilkan produk enkapsulasi senyawa bioaktif berasal dari bahan yang mudah rusak seperti enzim, buah-buahan, atau tanaman. Salah satu bahan aktif yang mudah terdegradasi yaitu enzim bromelain. Enzim bromelain dihasilkan oleh kulit buah nanas dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan aditif dalam pangan. Bromelain dari kulit buah nanas mengandung senyawa yang memiliki peran sebagai anti-inflamasi, sehingga dapat menurunkan jumlah bakteri patogen [30]. Studi sebelumnya telah berhasil melakukan enkapsulasi bromelain dari kulit nanas. Bromelain dari kulit buah nanas dinilai dapat meningkatkan performa sistem pencernaan unggas terutama pada sistem organ usus [30].

Enkapsulasi bromelain dari kulit buah nanas dapat dilakukan dengan teknik *vacuum drying*. Teknik ini dipilih untuk menjaga efikasi dan stabilitas enzim bromelain dari kondisi lingkungan yang dapat mendegradasi enzim. Pada studi yang dilakukan oleh Suherman dan kawan-kawan, teknik *vacuum drying* dilakukan pada suhu 50°C selama 3 jam. Suhu sedang dan tidak terlalu tinggi memungkinkan enzim bromelain tidak mengalami kerusakan. Penambahan 0,9% bromelain kulit buah nanas terenkapsulasi dapat meningkatkan massa tubuh unggas (*body weight gain*) dan histomorfologi pada sistem organ usus pencernaan unggas [22].

#### 3.3.6. Koaservasi

Koaservasi merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan pada proses enkapsulasi pada bahan dengan fase cair berupa minyak atau suspensi [31], [32]. Penelitian yang dilakukan oleh Saputro

dan kawan-kawan, enkapsulasi dilakukan dengan memanfaatkan bahan aktif berupa fermerherbafit berupa rempah seperti kunyit, temulawak, bawang putih, daun kelor, gula jawa, serta penambahan probiotik dari kubis yang difermentasi. Metode enkapsulasi yang digunakan adalah koaservasi yaitu menambahkan koaservat [27]. Metode koaservasi dinilai memungkinkan dapat mempertahankan pH enkapsulasi serta meningkatkan ikatan antarmolekul bahan aktif dan material enkapsulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan bobot harian dan konsumsi pakan unggas belum mengalami peningkatan signifikan [27].

#### 4. Kesimpulan

Enkapsulasi senyawa bioaktif berperan penting dalam fortifikasi pangan unggas di mana metode ini dapat meningkatkan kebutuhan nutrisi bagi unggas. Parameter seperti teknik enkapsulasi dan material enkapsulasi dipilih dengan pertimbangan bahan bioaktif yang akan dienkapsulasi. Material enkapsulasi berupa maltodekstrin menjadi material enkapsulasi yang banyak dipilih karena memiliki karakteristik stabil dan tidak mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif yang dienkapsulasi, sehingga dapat meningkatkan penyerapan senyawa bioaktif ke pada sistem pencernaan unggas. Di sisi lain, teknik enkapsulasi juga memiliki peran penting dalam menghasilkan produk enkapsulasi. Teknik *freeze-drying* paling banyak dipilih dalam enkapsulasi karena menggunakan suhu rendah yang terbukti dapat menjaga senyawa bioaktif tetap stabil dan tidak terdegradasi yang mengakibatkan perubahan struktur maupun fungsionalitasnya. Meskipun demikian, material enkapsulasi dan teknik enkapsulasi lain dapat dipilih dengan pertimbangan yang tepat pada pemilihan bahan aktif yang akan dienkapsulasi.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] BPS, “Rata-rata Harian Konsumsi Protein Per Kapita dan Konsumsi Kalori Per Kapita Tahun 1990 - 2025.” [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTk4NiMx/rata-rata-harian-konsumsi-protein-per-kapita-dan-konsumsi-kalori-per-kapita-tahun-1990---2024.html>
- [2] WHO, “Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition,” 2007. [Online]. Available: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43411/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf)
- [3] BPS, “Jumlah Produksi Daging Unggas Menurut Provinsi dan Jenis (kg).” [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZFdobU5GbDZXWfI5UjA5M1IyTmPUR00zTkc5aWR6MDkjMw==/produksi-daging-unggas-menurut-provinsi-dan-jenis-unggas--kg---2023.html?year=2023>
- [4] Y. C. Sari, Montesqrit, Y. Marlida, and S. Nanda, “Analisis sifat fisik dedak padi sebagai pakan ternak dari beberapa varietas padi lokal di Kabupaten Agam Sumatera Barat,” *J. Trit.*, 2023;14(1): 180–187. doi: <https://doi.org/10.47687/jt.v14i1.412>.
- [5] Sumiati *et al.*, “Penggunaan maggot (*Hermetia illucens*) dalam pakan ayam ras petelur,” *J. Sains Teknol. dan Lingkungan.*, 2022;8(1): 87–96. doi: <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i1.340>.
- [6] H. A. Sukria, S. T. Risyahadi, R. S. Aditama, and M. H. Salahuddin, “Evaluasi pakan sumber energi berbasis sorgum, gaplek, dan sagu sebagai substitusi jagung dalam ransum ayam broiler,” *J. Ilmu Nutr. dan Teknol. Pakan.*, 2022;20(2): 66–72. doi: <http://dx.doi.org/10.29244/jintp.20.2.66-72>.
- [7] Herlinae, M. E. Kusuma, and Yulli, “Bobot karkas dan giblet ayam broiler dengan penambahan pakan fermentasi kelakai dan dedak padi pada pakan komersil,” *J. Ilmu Hewani Trop.*, 2022;11(2): 41–47. [Online]. Available: <https://unkripjournal.com/index.php/JIHT/article/download/209/193>
- [8] H. Kusnadi, R. Puspitasari, H. Suyanto, S. Yuliasari, and S. N. Permadi, “Penampilan ayam kub yang diberi pakan ampas tahu dan dedak padi fermentasi,” *Bul. Agritek*, 2022; 3(1): 17–28. [Online]. Available: <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/bulagritek/article/view/3098>
- [9] A. J. Maulana, A. Napirah, and H. Has, “Performa produksi burung puyuh (*coturnix-coturnix japonica*) fase layer yang diberi ransum mengandung dedak padi fermentasi,” *J. Ris. Multidisiplin*, 2024; 2(3): 96–101. [Online]. Available:

- <https://agrisosco.com/index.php/asc/index%0APerforma>
- [10] B. Liu *et al.*, “Effects of traditional chinese herbal feed additive on production performance, egg quality, antioxidant capacity, immunity and intestinal health of laying hens,” *Animals*. 2023;13. doi: <https://doi.org/10.3390/ani13152510>.
  - [11] F. Azhar, V. D. Yunianto, I. Mangisah, and L. Krismiyo, “Effects of encapsulated cardamom distillation waste extract and *Lactobacillus plantarum* on intestinal profile , protein digestibility , and growth of broiler,” *J. Adv. Vet. Res.*, 2026; 16(1): 24–29. [Online]. Available: <https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/2445>
  - [12] E. Subroto, R. Andoyo, and R. Indarto, “Solid lipid nanoparticles : review of the current research on encapsulation and delivery systems for active and antioxidant compounds,” *Antioxidants*. 2023; 12. doi: <https://doi.org/10.3390/10.3390/antiox12030633>.
  - [13] J. Luana *et al.*, “Encapsulation techniques perfect the antioxidant action of carotenoids : A systematic review of how this effect is promoted,” *Food Chem.*, 2022; 385. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132593.
  - [14] Andy, R. Malaka, S. Purwanti, H. M. Ali, T. L. Aulyani, and D. N. Adli, “Review article effects of the encapsulation of liquid smoke on growth performance, intestinal profile, and microbial profile of broiler chickens,” *Adv. Anim. Vet. Sci.*, 2022; 10(12): 2538–2545. doi: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.12.2538.2545>.
  - [15] C. K. Sen, “Artificial intelligence tools in biomedical research : part 1 — literature search and knowledge mining,” *Antioxid. Redox Signal.*, 2025; 1–10. doi: 10.1177/15230864251405885.
  - [16] R. Sharma, S. Gulati, A. Kaur, A. Sinhababu, and R. Chakravarty, “Research discovery and visualization using ResearchRabbit: A use case of AI in libraries,” *COLLNET J. Sci. Inf. Manag.*, 2022; 16(2): 215–237. doi: 10.1080/09737766.2022.2106167.
  - [17] S. A. Rahma, Mulyono, V. D. Yunianto, and L. Krismiyo, “Synergistic effects of noni fruit extract , copper , and zinc encapsulated on immunity , protein digestibility , and growth performance in broiler,” *J. Adv. Res.*, 2025; 15(6): 750–754. [Online]. Available: <https://www.advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/2361>
  - [18] H. Febrianta, V. D. Yunianto, N. Nurwantoro, and V. P. Bintoro, “Dietary addition of microencapsulated turmeric in an amorphous matrix of maltodextrin on quality characteristics of broiler chicken,” *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 2022; 7710: 221–229. doi: <http://doi.org/10.5455/javar.2022.i587>.
  - [19] Y. N. Rossy, L. Krismiyo, V. D. Yunianto, and M. Mulyono, “Effect of encapsulated *Amomum compactum* waste extract and *Lactobacillus plantarum* on immune system, protein digestibility and performance of broiler chicken,” *J. Adv. Vet. Res.*, 2025; 15(6): 855–860. [Online]. Available: <https://www.advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/2403>
  - [20] S. Sugiharto *et al.*, “Physiological responses and intestinal conditions of broiler chickens treated with encapsulated *Acalypha australis* L . leaf extract and chitosan,” *Vet. World*. 2024; 17: 994–1000. doi: [www.doi.org/10.14202/vetworld.2024.994-1000](http://www.doi.org/10.14202/vetworld.2024.994-1000).
  - [21] T. Widjastuti, L. Nurlaeni, A. Hasbuna, I. Setiawan, I. Yudaasmara, and W. Tanwiriah, “The microencapsulation of noni fruit extract ( *morinda citrifolia* l .) with maltodextrin and its implementation as feed additive on carcass quality and histology of intestinal sentul chicken,” *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, 2023; 13(1): 104–109
  - [22] C. Suherman, E. Widodo, I. H. Djunaidi, and M. H. Natsir, “Vacuum-dried encapsulation of crude bromelain from pineapple peel (ecbpp) on growth performance, meat quality, and histomorphology of broiler intestines,” *Adv. Anim. Vet. Sci.*, 2025; 13(10): 2287–2295. doi: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2025/13.10.2287.2295>.
  - [23] M. B. Febrian, I. Saptiama, M. Marlina, R. Solfaine, I. Mahendra, and A. Kurniawan, “Encapsulation of multi - strain probiotics using nanochitosan as a potential immunomodulator in broiler chicken,” *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2025. doi: 10.1007/s44447-025-00021-y.
  - [24] N. Amelia, Y. Frita, F. Eko, F. Shodiq, O. Sjoftan, and M. Halim, “Influence of liquid and encapsulated bioherbal additives on broiler performance and quality,” *Eur. Poult. Sci.*, 2026; (90):

- 1–2. doi: 10.1016/j.eups.2025.100011.
- [25] M. Rido, “Performance of broiler chickens with different administration periods of encapsulated turmeric (*curcuma domestica val*) extract as a natural feed additive,” *Andalasian Livest.*, 2025; 02(02): 152–162. doi: 10.25077/alive.v2.n2.p152-162.2025.
- [26] I. Agusetyaningsih, L. Krismiyanoto, T. Yudiarti, E. Widiastuti, S. D. Pawesti, and S. Sugiharto, “Improving broiler growth and immunity with encapsulated *cosmos caudatus* and *andrographis paniculata* extracts at high stocking density,” *J. Indones. Trop. Anim. Agric.*, 2025; 50(2): 111–121. doi: 10.14710/jitaa.50.2.
- [27] I. A. Saputro, N. Iriyanti, B. Hartoyo, and A. S. Bahari, “Pengaruh suplementasi fermerherbafit enkapsulasi terhadap konsumsi pakan dan bobot akhir ayam sentul jantan,” *J. Trop. Anim. Sci. Technol.*, 2025; 7(2): 1–12. doi: 10.32938/jtast.v7i2.9550.
- [28] R. Alfonia, V. D. Y. B. Ismadi, and L. Krismiyanoto, “Encapsulated cardamom waste extract (*amomum compactum*) supplementation improves health and performance of broiler chickens,” *Trop. Anim. Sci. J.*, 2026; 49(1): 63–71. doi: <https://doi.org/10.5398/tasj.2026.49.1.63>.
- [29] Pramana A, Utami K, Darmadji P. Hastuti P dan Yudhistira B. 2026. Characteristics of liquid smoke nanoencapsulation with a combination of maltodextrin and gum arabic as co-encapsulant,” *Agrointek*. 16(4): 577–587. doi: 10.21107/agrointek.v16i4.13557.
- [30] Suherman C, Natsir MH, Widodo E dan Djunaidi IH. 2024. Profile of bromelain enzyme extracts by different precipitation methods and effect of ph and temperature on protease activity, in *BIO Web of Conferences*. 2024. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412301046>.
- [31] Channa F, Syukri S, Hutomo GS dan Ndob S.. 2022. Perlakuan jenis minyak berbeda sebagai bahan enkapsulasi hidrolisat ikan gabus (*channa striata*) treatment of different oils as encapsulation materials. *J. Pascapanen dan Bioteknologi Kelaut. dan Perikanan*. 2022; 17(2): 145–156, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v17i2.845>.
- [32] Nur'aini LP, Cahyono B, Wibowa PJ dan Suzery M. 2024. Nanoenkapsulasi hiptolida dari *hyptis pectinata* (L.) poit dengan kitosan, pektin, dan tpp menggunakan metode koaservasi kompleks. *Chim. Nat. Acta*, 12(2): 106–113. doi: <https://doi.org/10.24198/cna.v12.n2.50657>.