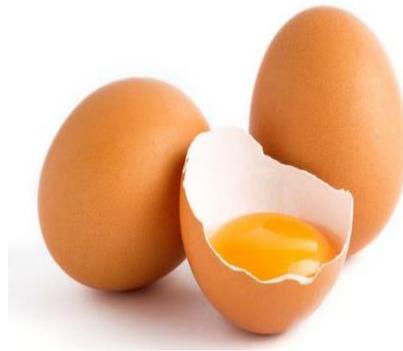


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Telur Ayam

Telur merupakan sumber protein hewani yang bermutu tinggi dan merupakan sel reproduksi yang dihasilkan oleh hewan, terutama unggas. Telur sebagai bahan pangan mengandung komponen gizi, termasuk protein berkualitas tinggi, lemak, vitamin, dan mineral, yang menjadikannya sebagai makanan yang bergizi dan bermanfaat bagi kesehatan. Telur juga dikenal sebagai makanan fungsional karena mengandung bioaktif yang dapat mempengaruhi berbagai jalur metabolisme dalam tubuh (Sanlier & Üstün, 2021). Telur ayam kampung adalah telur yang diproduksi oleh ayam kampung, yaitu jenis ayam yang dipelihara tanpa pemberian pakan buatan.

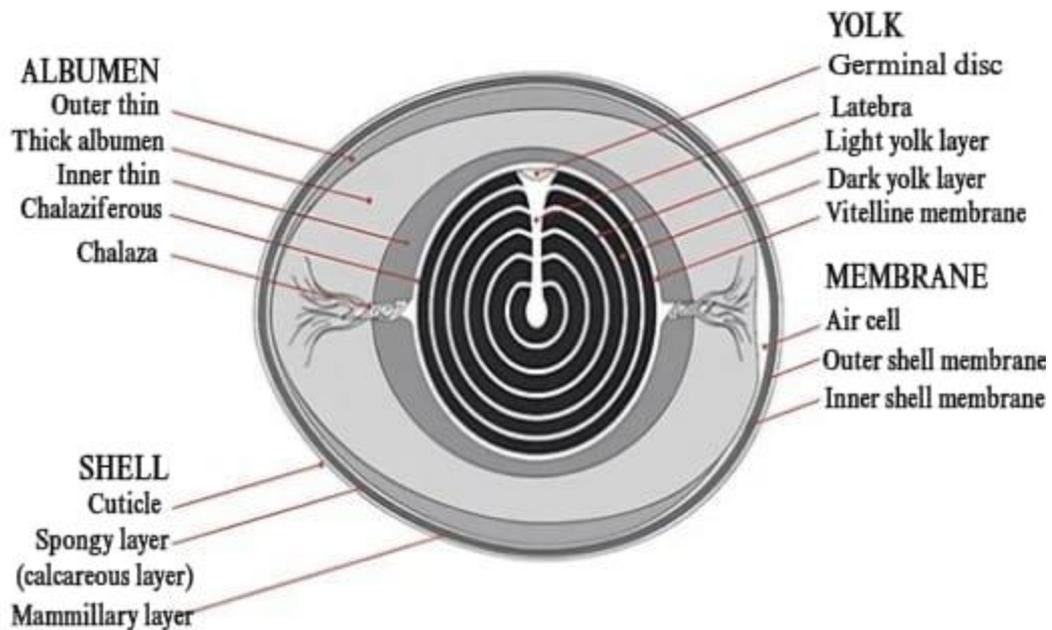


Gambar 2.1 Telur Ayam
Sumber: Wirajaya *et al.*, 2023

Telur kaya akan gizi yang mengandung protein, lemak sehat, vitamin, dan mineral. Protein telur juga mengandung semua asam amino esensial, terutama metionin, yang sangat penting untuk tubuh tumbuh dan bertahan. Lemak telur mengandung asam lemak tak jenuh yang baik untuk kesehatan dan mudah dicerna. Selain vitamin C, hampir semua vitamin ada di dalam telur. Kuning telur mengandung banyak vitamin A, D, dan B12, sementara putih telur mengandung lebih banyak riboflavin. Dalam hal mineral, telur mengandung zat besi (Fe), fosfor (P), kalsium (Ca), zinc (Zn), dan iodine (I). Meskipun kadar mineralnya lebih rendah dibandingkan bahan pangan lain, mineral-mineral ini sangat penting untuk fungsi tubuh.

2.1.1. Struktur Telur Ayam

Telur memiliki struktur yang kompleks dan terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu kuning telur (*yolk*), putih telur (*albumen*), membran cangkang (*shell membrane*), dan cangkang telur (*shell*). Setiap bagian memiliki fungsi yang berbeda dalam melindungi dan menyediakan nutrisi bagi embrio.



Gambar 2.2. Struktur dan Bagian-bagian telur

Sumber: weblab.deusto.es

A. Kuning Telur (*Yolk*)

Kuning telur adalah bagian sentral dari telur dan merupakan sumber utama nutrisi bagi embrio. Beberapa komponen spesifik dari kuning telur meliputi:

- Germinal Disc (Blastoderm)* → Titik kecil berwarna putih pada permukaan *yolk*, tempat embrio berkembang jika telur dibuahi.
- Latebra* → Bagian tengah kuning telur yang lebih encer dibandingkan bagian lainnya.
- Light Yolk Layer & Dark Yolk Layer* → Lapisan-lapisan kuning telur yang terbentuk bergantian berdasarkan siklus makan ayam induk.
- Vitelline Membrane* → Lapisan tipis dan elastis yang membungkus *yolk*, menjaga agar tetap utuh dan tidak bercampur dengan *albumen*.

B. Putih Telur (*Albumen*)

Putih telur menyusun sekitar 57-60% dari total berat telur dan memiliki beberapa lapisan dengan viskositas yang berbeda:

- a. *Outer Thin Albumen* → Lapisan *albumen* paling encer yang bersentuhan dengan membran cangkang.
- b. *Thick Albumen (Outer Thick Albumen)* → Lapisan *albumen* yang kental, berfungsi sebagai bantalan untuk melindungi *yolk*.
- c. *Inner Thin Albumen* → Lapisan encer yang mengelilingi *chalaza*.
- d. *Chalaziferous Layer* → Lapisan paling dalam yang mengandung *chalaza*.
- e. *Chalaza* → Dua struktur seperti tali putih yang berfungsi menahan posisi *yolk* tetap di tengah.

C. Membran Cangkang (*Shell Membrane*)

Terdiri dari dua lapisan tipis yang terletak di antara *albumen* dan cangkang telur:

- a. *Inner Shell Membrane* → Lapisan dalam yang lebih tipis.
- b. *Outer Shell Membrane* → Lapisan luar yang lebih tebal dan melekat pada cangkang.

Membran ini berfungsi sebagai pertahanan pertama terhadap bakteri dan mengatur pertukaran gas serta kelembapan dalam telur.

D. Cangkang Telur (*Shell*)

Cangkang merupakan lapisan pelindung terluar telur yang menyusun sekitar 9-12% dari berat telur. Struktur cangkang terdiri dari beberapa lapisan:

- a. *Cuticle* (Kutikula) → Lapisan protein tipis yang melindungi telur dari mikroba dan mencegah kehilangan kelembapan.
- b. *Spongy Layer (Palisade Layer)* → Lapisan utama cangkang yang terdiri dari kristal kalsium karbonat dan berisi pori-pori.
- c. *Mammillary Layer* → Lapisan paling dalam, menghubungkan cangkang dengan membran.
- d. *Pores* (Pori-pori Cangkang) → Saluran kecil yang memungkinkan pertukaran udara dan gas.

E. Rongga Udara (*Air Cell*)

Saat telur mendingin setelah ditelurkan, isi telur sedikit menyusut, menyebabkan udara masuk melalui pori-pori cangkang dan membentuk rongga udara di ujung telur yang tumpul. Ukuran rongga udara bertambah seiring waktu penyimpanan telur, yang menjadi indikator kesegarannya.

2.1.2. Komposisi Telur

A. Komposisi Proporsional Telur

Komposisi telur secara umum terdiri dari:

| | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------|
| Kuning telur (<i>Yolk</i>) | → | 31-33% dari berat total telur |
| Putih telur (<i>Albumen</i>) | → | 57-60% dari berat total telur |
| Cangkang (<i>Shell</i>) | → | 9-12% dari berat total telur |

B. Komposisi kimiawi telur

a. Kuning Telur (*Yolk*)

| | | |
|-------------|---|--|
| Air | : | 48-50% |
| Protein | : | 16-17% |
| Lemak | : | 32-34% |
| Karbohidrat | : | 1% |
| Vitamin | : | Kaya akan vitamin A, D, E, K, B6, dan B12 |
| Mineral: | : | Fosfor (P), Besi (Fe), Kalsium (Ca), Kalium (K), Natrium (Na), Magnesium (Mg), dan Seng (Zn) |

b. Putih Telur (*Albumen*)

| | | |
|-------------|---|--|
| Air | : | 88-90% |
| Protein | : | 9-10% (mengandung <i>ovalbumin</i> , <i>ovomucin</i> , <i>conalbumin</i> , dan <i>lysozyme</i>) |
| Lemak | : | <0,5% |
| karbohidrat | : | 1% |
| Vitamin | : | B2 (riboflavin), B3 (niasin), dan B5 (asam pantotenat) |
| Mineral | : | Natrium (Na), Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Sulfur (S). |

c. Cangkang Telur (*Shell*)

| | | |
|--------------------------------------|---|-----|
| Kalsium karbonat (CaCO_3) | : | 94% |
|--------------------------------------|---|-----|

| | | |
|---|---|----|
| Magnesium karbonat (MgCO_3) | : | 1% |
| Kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) | : | 1% |
| Protein dan zat organik lainnya | : | 4% |

C. Nilai Gizi Telur

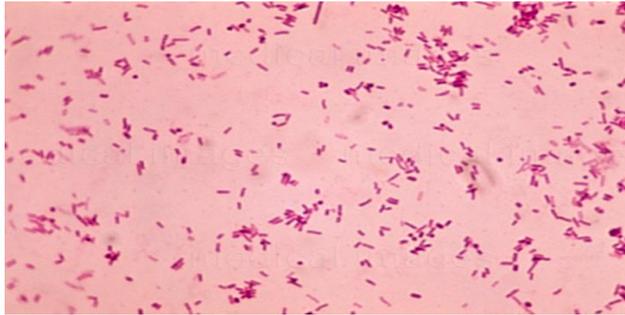
Satu butir telur ayam berukuran besar (sekitar 60 gram) mengandung:

| | | |
|------------|---|---|
| Kalori | : | 70-80 kkal |
| Protein | : | 6-7 gram (protein lengkap dengan 9 asam amino esensial) |
| Lemak | : | 5-6 gram (termasuk asam lemak omega-3) |
| Kolesterol | : | 186 mg (terutama dalam kuning telur) |
| Vitamin | : | A, D, E, K, B kompleks |
| Mineral | : | Fosfor, zat besi, kalsium, seng, magnesium |

Dengan kandungan gizinya yang lengkap, telur merupakan sumber makanan yang sehat dan serbaguna untuk berbagai kelompok usia (Hintono, 2022).

2.2. *Salmonella sp*

Salmonella sp merupakan genus bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, tidak membentuk spora, dan mampu bertahan dalam berbagai lingkungan. Habitat alami *Salmonella sp* adalah saluran pencernaan manusia serta berbagai hewan, termasuk burung, reptil, dan mamalia. Bakteri ini memiliki mekanisme infeksi melalui jalur fekal-oral, biasanya melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi. Infeksi *Salmonella sp* dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti gastroenteritis dan demam tifoid. Karakteristik biokimia dari *Salmonella sp* menunjukkan bahwa bakteri ini mampu memfermentasi glukosa dengan produksi gas, tetapi tidak dapat memfermentasi laktosa dan sukrosa. Selain itu, sebagian besar spesies *Salmonella sp* memiliki flagela peritrik yang memberikan kemampuan motilitas, kecuali beberapa spesies seperti *S. Gallinarum* dan *S. Pullorum* yang bersifat non-motil.



Gambar 2.3. Hasil pewarnaan gram *Salmonella sp* pada mikroskop dengan perbesaran 100x menunjukkan bahwa bakteri berbentuk batang dan berwarna merah muda, yang mengindikasikan bahwa bakteri tersebut termasuk bakteri gram negatif.

Sumber: Universitas Udayana, 2025

2.2.1. Klasifikasi *Salmonella sp*

Menurut (Kasim 2020), klasifikasi *Salmonella sp* sebagai berikut:

| | |
|---------|--|
| Kingdom | : Bacteria |
| Phylum | : Proteobacteria |
| Class | : Gammaproteobacteria |
| Ordo | : Enterobacteriales |
| Family | : Enterobacteriaceae |
| Genus | : <i>Salmonella</i> |
| Species | : <i>Salmonella typhi</i> , <i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Salmonella choleraesuis</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella gallinarum</i> , <i>Salmonella pullorum</i> |

2.2.2. Morfologi

Dari segi morfologi, *Salmonella sp* memiliki ukuran berkisar antara 0,7–1,5 × 2,0–5,0 µm dengan bentuk batang lurus. Pewarnaan Gram menunjukkan hasil negatif, dengan dinding sel yang mengandung lipopolisakarida (LPS), yang berperan sebagai endotoksin dan dapat memicu respon imun dalam tubuh inang (Biosci et al., 2016).

2.2.3. Patogenesis

Infeksi *Salmonella sp* umumnya terjadi melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi oleh bakteri. Bakteri ini masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan harus bertahan melewati lingkungan asam lambung sebelum mencapai usus halus. Setelah mencapai usus halus, *Salmonella sp* menempel pada

sel epitel usus menggunakan struktur seperti fimbriae dan flagela, yang berperan dalam pengenalan dan adhesi bakteri pada permukaan sel inang. Setelah menempel, *Salmonella sp* mengaktifkan Sistem Sekresi Tipe III (T3SS), yang dikodekan oleh *Salmonella Pathogenicity Island 1* (SPI-1). Melalui T3SS, *Salmonella* menyuntikkan protein efektor ke dalam sel inang, menyebabkan perubahan pada sitoskeleton sel inang melalui mekanisme *membrane ruffling*. Perubahan ini memudahkan bakteri untuk masuk ke dalam sel inang melalui proses endositosis. Setelah masuk ke dalam sel inang, *Salmonella* tetap bertahan di dalam vakuola yang disebut *Salmonella-Containing Vacuole* (SCV). Bakteri ini mencegah fusi dengan lisosom sehingga bisa bertahan dan berkembang biak di dalam sel inang. Proses ini difasilitasi oleh SPI-2, yang mengkodekan protein efektor untuk menghambat respon imun inang (Lamichhane et al., 2024).

2.3. Kontaminasi *Salmonella sp* pada telur ayam

Bakteri *Salmonella sp* adalah salah satu penyebab utama kontaminasi pada telur ayam. Kontaminasi ini dapat terjadi melalui dua jalur utama, yaitu kontaminasi internal (endogen) sebelum telur ditelurkan dan kontaminasi eksternal (eksogen) setelah telur keluar dari tubuh ayam.

2.3.1. Kontaminasi Internal (*Transovarian Transmission*)

Kontaminasi ini terjadi sebelum telur ditelurkan, ketika *Salmonella sp* menginfeksi ayam induk dan berpindah ke dalam telur melalui sistem reproduksi.

a. Infeksi pada Ovarium atau Oviduk Ayam

Jika ayam betina terinfeksi *Salmonella enteritidis*, bakteri dapat menyebar melalui aliran darah dan menginfeksi ovarium atau oviduk. Telur yang sedang berkembang dalam ovarium dapat terkontaminasi sebelum pembentukan cangkang, sehingga bakteri langsung masuk ke dalam kuning telur (*yolk*) atau putih telur (*albumen*). Infeksi ini terjadi tanpa gejala yang jelas pada ayam, sehingga telur yang tampak normal bisa mengandung bakteri *Salmonella*.

b. Penularan Melalui Saluran Pencernaan ke Saluran Reproduksi

Bakteri dari saluran pencernaan ayam bisa berpindah ke saluran reproduksi melalui mekanisme *retrograde infection* (perpindahan mikroba dari kloaka

ke oviduk). *Salmonella sp* yang ada di usus ayam bisa masuk ke dalam oviduk dan menginfeksi telur saat sedang dibentuk. Hasilnya *Salmonella sp* berada di dalam telur dan tetap aktif meskipun cangkang terlihat bersih. Jika telur dikonsumsi mentah atau kurang matang, bakteri dapat menyebabkan keracunan makanan (*salmonellosis*) pada manusia.

2.3.2. Kontaminasi Eksternal (Eksogen)

Setelah telur keluar dari tubuh ayam, kontaminasi *Salmonella sp* dapat terjadi melalui lingkungan sekitarnya, terutama dari feses ayam, tempat penyimpanan, atau saat distribusi.

a. Kontaminasi dari Kotoran Ayam (Feses)

Salmonella sp dapat ditemukan dalam kotoran ayam yang terkontaminasi. Saat bertelur, telur sering kali bersentuhan dengan feses di dalam kandang atau sarang. Jika feses menempel di cangkang telur dan tidak segera dibersihkan, bakteri dapat berkembang dan masuk ke dalam telur melalui pori-pori cangkang.

b. Penetrasi Melalui Pori-Pori Cangkang Telur

Cangkang telur memiliki ribuan pori-pori mikroskopis, yang memungkinkan pertukaran udara tetapi juga bisa menjadi jalan masuk bagi bakteri. Jika telur disimpan dalam lingkungan lembap atau dicuci dengan air dingin, mikroba dapat terdorong masuk ke dalam telur karena perbedaan tekanan.

c. Kontaminasi Saat Penanganan dan Penyimpanan

Telur dapat terkontaminasi saat ditangani dengan tangan kotor, peralatan yang tidak higienis, atau kontak dengan permukaan yang terkontaminasi. Penyimpanan telur pada suhu ruangan meningkatkan risiko pertumbuhan *Salmonella sp* jika bakteri sudah ada di permukaan telur.

d. Perubahan Selama Penyimpanan

Seiring waktu, rongga udara dalam telur membesar, memungkinkan bakteri berpindah dari cangkang ke bagian dalam telur. *Albumen* yang mulai encer juga kehilangan sifat antimikrobanya, sehingga *Salmonella sp* dapat berpindah ke kuning telur, yang kaya nutrisi dan lebih mendukung pertumbuhan bakteri (Puspitawati, 2016).

2.4. Keamanan Pangan dan Regulasi Standar Mikrobiologi Dalam Telur

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3926:2023 telur ayam konsumsi harus memenuhi persyaratan mutu mikrobiologis dan fisik untuk menjamin keamanan serta kualitasnya. Salah satu standar utama dalam SNI ini adalah bahwa telur ayam yang dikonsumsi tidak boleh mengandung *Salmonella sp* dalam 25 gram sampel telur. Hal ini bertujuan untuk mencegah risiko infeksi bakteri yang dapat menyebabkan penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*). Selain *Salmonella sp* batas maksimum cemaran mikroba lainnya juga diatur untuk memastikan bahwa telur tetap aman dikonsumsi. Standar ini menjadi acuan bagi pelaku usaha dalam produksi, penyimpanan, serta distribusi telur ayam agar tetap memenuhi standar keamanan pangan nasional.

Selain aspek mikrobiologis, SNI 3926:2023 juga menetapkan persyaratan mutu fisik telur ayam konsumsi. Standar ini mencakup beberapa aspek utama, seperti berat dan ukuran telur yang diklasifikasikan berdasarkan kategori tertentu, keutuhan cangkang yang harus bebas dari retakan atau kerusakan, serta kebersihan telur yang tidak boleh mengandung noda, kotoran, atau benda asing. Selain itu, kualitas putih dan kuning telur juga menjadi faktor penting, di mana putih telur harus tetap kental dan kuning telur berbentuk bulat tanpa pecah. Telur yang memenuhi standar ini juga harus memiliki aroma khas telur segar dan bebas dari bau busuk atau menyimpang. Dengan adanya regulasi ini, industri peternakan ayam diharapkan dapat menghasilkan produk yang tidak hanya memenuhi standar keamanan pangan tetapi juga berkualitas tinggi dan memiliki daya simpan optimal

2.5. Pemeriksaan Laboratorium

Identifikasi *Salmonella sp* dalam sampel telur ayam dilakukan melalui serangkaian tahap yang melibatkan media pengayaan (*enrichment*) dan media selektif.

2.5.1. Media Enrichment: Buffer Pepton Water (BPW)

Buffer Pepton Water (BPW) merupakan media enrichment yang sering digunakan dalam metode deteksi *Salmonella sp*, terutama dalam sampel pangan seperti telur ayam. BPW berfungsi untuk memberikan kondisi optimal bagi pertumbuhan *Salmonella sp* dengan menyediakan nutrisi yang cukup serta

membantu proses resusitasi bakteri yang mengalami stres akibat kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Syamsiar et al., 2020).

2.5.2. Media Selektif: *Salmonella-Shigella* Agar (SSA)

Sampel yang telah dikulturkan dalam media *Buffer Pepton Water* kemudian diinokulasikan ke dalam media *Salmonella-Shigella* Agar (SSA) sebagai media selektif dan diferensial.

- A. Fungsi SSA: Menghambat pertumbuhan bakteri non-*Salmonella* dengan kandungan brilian hijau dan empedu dan membantu identifikasi *Salmonella* melalui karakteristik koloni spesifiknya.
- B. Karakteristik Koloni *Salmonella* pada SSA:
 - a. Koloni tampak tidak berwarna atau transparan karena *Salmonella* tidak memfermentasi laktosa.
 - b. Terdapat pusat hitam pada koloni akibat produksi H₂S (hidrogen sulfida) yang bereaksi dengan besi (Fe³⁺) dalam media.
 - c. Perbedaan utama dengan *Escherichia coli* atau *Shigella* yang menghasilkan koloni berwarna merah muda (Maritsa et al., 2018).