

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Puyuh Jepang (*Coturnix japonica*)

Puyuh Jepang (*Coturnix japonica*) merupakan jenis unggas berukuran kecil yang banyak dibudidayakan sebagai penghasil telur karena memiliki produktivitas tinggi, efisiensi konversi pakan yang baik, serta umur dewasa kelamin yang relatif cepat dibandingkan unggas lainnya. Puyuh mulai bertelur pada usia sekitar 5-6 minggu dan mampu mempertahankan produksi telur yang stabil apabila kebutuhan nutrisinya tercukupi secara optimal. Menurut (Sigut *et al.*, 2025), produktivitas telur puyuh dapat berlangsung secara optimal apabila kebutuhan nutrisi dalam ransum, khususnya protein dan energi metabolisme, terpenuhi secara seimbang. Dengan demikian, komposisi pakan yang diberikan selama masa produksi berperan penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas telur puyuh. Selanjutnya, (Ashour *et al.*, 2022) menjelaskan bahwa puyuh memiliki sistem pencernaan yang relatif peka terhadap perubahan kualitas bahan pakan. Oleh karena itu, penyusunan ransum yang tepat menjadi faktor penting dalam menunjang performa produksi serta mutu telur, termasuk kualitas protein telur yang dihasilkan.

Pemilihan Puyuh Jepang dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan ilmiah dan praktis. Pertama, puyuh memiliki tingkat produksi telur yang tinggi dengan periode produksi yang relatif panjang, sehingga sangat representatif untuk digunakan dalam penelitian yang berfokus pada kualitas telur. Kedua, masa pertumbuhan yang cepat memungkinkan penelitian dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan unggas lain, sehingga efisien dari segi waktu dan biaya. Ketiga, puyuh memiliki efisiensi konversi pakan yang baik, artinya kemampuan mengubah pakan menjadi produk telur relatif tinggi. Hal ini menjadikan puyuh sebagai model hewan percobaan yang ideal dalam penelitian nutrisi pakan. Kemudian, ukuran tubuh yang kecil memudahkan dalam pengelolaan, pengamatan, serta pengendalian variabel penelitian di lingkungan laboratorium maupun peternakan. Selain itu, telur puyuh memiliki kandungan protein yang tinggi serta komposisi asam amino esensial yang lengkap, sehingga sangat tepat

digunakan sebagai objek penelitian dalam kajian kualitas protein telur. Dengan berbagai keunggulan tersebut, Puyuh Jepang menjadi salah satu unggas yang paling banyak digunakan dalam penelitian bidang nutrisi dan produksi ternak (Fenita *et al.*, 2025)

Adapun gambar burung puyuh dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1 Puyuh Jepang (*Coturnix japonica*)

Sumber: Ary Yulianto, 2025

Klasifikasi Puyuh Jepang (*Coturnix japonica*) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Class	: Aves
Ordo	: Galliformes
Family	: Phasianidae
Genus	: <i>Coturnix</i>
Spesies	: <i>Coturnix japonica</i>

B. Kebutuhan Nutrisi dan Formulasi Ransum Unggas

Formulasi ransum unggas merupakan suatu proses penyusunan campuran bahan pakan yang bertujuan memenuhi kebutuhan nutrient ternak secara tepat, baik dari segi jumlah maupun keseimbangan komposisi. Dalam unggas petelur, kebutuhan nutrisi utama meliputi energi metabolisme, protein kasar, asam amino esensial, vitamin, serta mineral. Energi metabolisme dibutuhkan untuk mendukung aktivitas fisiologis dan proses pembentukan telur, sedangkan protein berperan

sebagai bahan baku utama sintesis albumen. Keseimbangan antara energi dan protein sangat menentukan efisiensi pemanfaatan nutrisi. Menurut (Sigut *et al.*, 2025) jika energi terlalu tinggi tetapi protein rendah, maka produksi telur dapat menurun karena keterbatasan substrat pembentuk protein telur. Sebaliknya, jika protein tinggi namun energi tidak mencukupi, protein akan digunakan sebagai sumber energi sehingga tidak dimanfaatkan secara optimal untuk pembentukan telur. Oleh karena itu, penyusunan ransum harus memperhatikan prinsip keseimbangan nutrisi (*balanced ration*). Dalam praktik peternakan modern, penggunaan bahan pakan lokal menjadi salah satu strategi yang banyak dikembangkan untuk menekan biaya produksi. Bahan pakan seperti dedak, jagung, dan sumber protein nabati alternatif memiliki potensi besar apabila diformulasikan secara tepat. Selain lebih ekonomis, penggunaan bahan lokal juga mendukung keberlanjutan sistem peternakan. Pengolahan bahan pakan melalui teknologi fermentasi dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi serta kualitas produk ternak, termasuk kualitas telur unggas.

C. Bahan Pakan dalam Formulasi

Bahan pakan merupakan komponen utama dalam penyusunan ransum yang berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi ternak. Pemilihan bahan pakan harus mempertimbangkan kandungan nutrisi, ketersediaan, serta efisiensi penggunaan dalam memenuhi kebutuhan ternak. Dalam penelitian ini bahan pakan yang digunakan meliputi dedak, tepung jagung, dan daun kelor sebagai sumber nutrisi utama yang saling melengkapi.

1. Dedak

Dedak merupakan hasil samping proses penggilingan padi yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pakan unggas karena ketersediaannya yang melimpah dan biaya yang relatif rendah. Menurut (Ralahalu *et al.*, 2024), dedak mengandung energi metabolisme, protein kasar, lemak, serta vitamin B kompleks yang mendukung proses metabolisme ternak. Namun demikian, penggunaan dedak sebagai bahan pakan unggas memiliki keterbatasan, terutama kandungan serat kasar yang cukup tinggi serta keberadaan senyawa antinutrisi seperti asam fitat yang dapat menghambat penyerapan mineral dan menurunkan pencernaan nutrisi. Oleh

sebab itu, dedak perlu di kombinasikan dengan bahan pakan lain yang memiliki kualitas protein lebih baik agar ransum menjadi lebih seimbang (Ralahalu *et al* 2024). Penggunaan dedak padi dalam ransum unggas dibatasi penggunaannya karena kandungan serat kasar dan minyak yang tinggi. Dedak padi yang terkontaminasi oleh bakteri dan jamur yang dapat menghasilkan enzim lipase menyebabkan minyak dedak padi terurai menjadi asam lemak mudah terbang, berbau tengik, serta kurang disenangi ternak. Pada umumnya bahan yang digunakan untuk mengurangi proses ketengikan adalah dengan penambahan antioksidan dalam bentuk senyawa phenol, quionon, vitamin E, dan asam gallat. Konsekuensi pemberian dedak padi yang telah tercemar dalam ransum unggas, menyebabkan penampilan ternak yang mengonsumsinya menjadi tidak optimal (Yasa *et al.*, 2025).

2. Tepung Jagung (*Zea mays* L.)

Tepung jagung (*Zea mays* L.) merupakan bahan pakan utama dalam ransum unggas yang berfungsi sebagai sumber energi karena kandungan karbohidratnya yang tinggi dan mudah dicerna. (Santos *et al.*, 2024) menyatakan bahwa jagung memiliki tingkat palatabilitas yang baik serta mudah dicerna oleh unggas, sehingga dapat meningkatkan konsumsi pakan dan mendukung proses produksi telur. Kontribusi energi jagung berkaitan dengan tingginya kandungan pati (>60%). Penggunaan jagung sebagai campuran pakan ternak pada umumnya sekitar 55%. Jagung mengandung serat kasar rendah sehingga mudah dicerna. Jagung merupakan pakan yang sangat baik untuk ternak serta pada umumnya sangat disukai ternak. Pemakaian yang berlebihan untuk ternak bibit dapat menyebabkan kelebihan lemak. Jagung tidak mengandung zat antinutrisi dan sifat pencahar. Walaupun burung puyuh demikian pemakaian dalam ransum ternak terutama untuk bibit perlu dibatasi karena penggunaan jagung yang tinggi dapat mengakibatkan gangguan untuk berproduksi. Meskipun demikian, kandungan protein dalam tepung jagung tergolong rendah sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan protein unggas petelur apabila digunakan secara tunggal, oleh karna itu, tepung jagung perlu dikombinasikan dengan sumber protein nabati atau hewani lain agar keseimbangan nutrisi dalam ransum dapat tercapai secara optimal (Santos *et al.*, 2024).

3. Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.)

Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) merupakan tanaman multiguna yang dikenal memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, terutama protein, asam amino esensial, vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif seperti flavonoid dan antioksidan. Menurut (Akib *et al.*, 2024), kandungan tersebut menjadikan daun kelor berpotensi digunakan sebagai sumber protein nabati alternatif dalam pakan unggas guna meningkatkan kualitas nutrisi ransum. Pemanfaatan daun kelor sebagai komponen pakan unggas telah banyak dikaji dan menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan. Penggunaan tepung daun kelor dalam ransum diketahui dapat memperbaiki kualitas nutrisi pakan sekaligus menjadi alternatif pengganti sebagian bahan pakan konvensional, seperti bungkil kedelai, yang harganya cenderung tinggi. Sejumlah penelitian pada unggas menunjukkan bahwa penambahan daun kelor dalam pakan dapat memengaruhi konsumsi ransum, pertambahan bobot badan, serta efisiensi konversi pakan (Sari *et al.*, 2023). Namun, pemanfaatan daun kelor tanpa perlakuan khusus masih menghadapi kendala berupa tingginya kadar serat kasar serta adanya senyawa antinutrisi seperti tanin dan fitat yang dapat menghambat pencernaan protein. (Egbu *et al.*, 2024) menyatakan bahwa kondisi ini dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan nutrisi, terutama pada unggas dalam sistem pencernaan yang relatif sensitif seperti puyuh.

Adapun gambar Daun Kelor dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Sumber: Gabriella Chandrakirana, 2025

Klasifikasi Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Class	: Dicotyledoneae
Ordo	: Brassicales
Family	: Moringaceae
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>

Secara keseluruhan, daun kelor dapat dikategorikan sebagai bahan pakan alternatif yang memiliki berbagai keunggulan, antara lain kandungan nutrisi yang tinggi, ketersediaan yang mudah, serta manfaat tambahan sebagai sumber antioksidan alami. Pemanfaatannya dalam ransum unggas berpotensi meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mendukung penggunaan bahan pakan lokal yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Renanti *et al.*, 2025). Namun, penerapannya tetap memerlukan perhatian terhadap dosis pemberian dan metode pengolahan agar manfaat yang dihasilkan dapat maksimal tanpa menimbulkan efek yang merugikan bagi ternak.

D. Fermentasi sebagai Teknologi Peningkatan Nilai Nutrisi Pakan

Fermentasi merupakan salah satu teknologi bioteknologi yang banyak digunakan dalam pengolahan bahan pakan untuk meningkatkan nilai nutrisi dan kecernaannya. Proses ini melibatkan aktivitas mikroorganisme yang mampu menguraikan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diserap oleh ternak. Dalam metode *Solid State Fermentation* (SSF), bahan difermentasi dalam kondisi kadar air terbatas sehingga memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang menghasilkan enzim pendegradasi. (Larasati *et al.*, 2024) melaporkan bahwa proses fermentasi mampu menurunkan kandungan serat kasar dan senyawa antinutrisi, serta meningkatkan ketersediaan protein dan asam amino melalui proses degradasi dinding sel tanaman.

Selain meningkatkan kualitas nutrisi, fermentasi juga menghasilkan berbagai metabolit fungsional, seperti asam organik, enzim, dan probiotik yang berperan

dalam meningkatkan saluran pencernaan ternak. Kondisi ini akan meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrient serta mendukung proses metabolisme yang lebih optimal. (Egbu *et al.*, 2024) menyatakan bahwa penggunaan bahan pakan nabati hasil fermentasi dalam ransum unggas dapat memperbaiki kualitas internal telur tanpa menurunkan performa produksi. Dengan meningkatnya efisiensi penyerapan nutrient, proses sintesis protein telur menjadi lebih optimal sehingga kualitas protein telur dapat meningkat.

E. Kualitas Protein Telur Puyuh

Kualitas protein telur merupakan salah satu indikator utama dalam menentukan nilai gizi telur. Kualitas ini tidak hanya ditentukan oleh kandungan protein total, tetapi juga oleh komposisi asam amino esensial yang terkandung di dalamnya. Telur puyuh memiliki nilai biologis protein yang tinggi karena mengandung asam amino esensial dalam proporsi seimbang. Menurut (Ashour *et al.*, 2022), keseimbangan antara protein dan energi dalam ransum selama masa produksi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas protein telur yang dihasilkan. Protein yang dikonsumsi puyuh akan dimanfaatkan dalam pembentukan albumen melalui mekanisme metabolisme di dalam tubuh. Dengan demikian, semakin baik kualitas dan ketersediaan protein dalam ransum, semakin tinggi pula kandungan protein telur yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Utami *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa penggunaan bahan pakan alternatif, terutama yang telah mengalami proses fermentasi dapat meningkatkan kualitas protein telur unggas melalui peningkatan efisiensi pemanfaatan nutrien. Fermentasi memungkinkan nutrient lebih mudah tersedia bagi tubuh ternak, sehingga proses sintesis protein telur dapat berlangsung lebih optimal (Utami *et al.*, 2024). Selain itu, senyawa bioaktif yang terdapat dalam bahan pakan seperti daun kelor juga berperan dalam meningkatkan kualitas telur melalui aktivitas antioksidan yang mendukung metabolisme tubuh (Martínez *et al.*, 2025).

Peningkatan kualitas protein telur puyuh tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah protein dalam pakan, tetapi juga oleh kualitas bahan pakan serta proses pengolahannya. Oleh karena itu, inovasi dalam formulasi pakan berbasis bahan

lokal dan teknologi fermentasi menjadi sangat penting dalam upaya meningkatkan mutu telur puyuh secara berkelanjutan.

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti/ Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan	Persamaan
1.	Kaori Khabib, Fadia Farah Akhsana, dan Taufik Arianto. Tahun 2025	Efektivitas Pakan Daun Kelor Terhadap Kualitas Protein Telur Puyuh	Penelitian ini dimulai pada Maret 2024 dan selesai pada bulan juni. Pemeliharaan puyuh : Asrama SMA Bumi Cendekia, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Uji laboratorium : Laboratorium	Berdasarkan hasil penelitian Penambahan tepung daun kelor dalam pakan puyuh terbukti meningkatkan kualitas telur yang dihasilkan. Pemberian pakan daun kelor pada kelompok eksperimen memiliki kandungan protein yang lebih tinggi.	Tidak dilakukan fermentasi terlebih dahulu terhadap daun kelor	Penggunaan daun kelor untuk meningkatkan kualitas protein telur puyuh

			Universitas Gadjah Mada (UGM)			
2.	Y. Fenita, D. Kaharudin, Nurmeiliasari, A.R. Aziz. Dan Y. Harlena. Tahun 2025	Penambahan Tepung Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) dalam pakan terhadap kualitas telur puyuh	Penelitian ini dimulai pada bulan Maret sampai Juni 2025. Tempatnya di Departemen Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tepung daun kelor dalam ransum tidak berpengaruh signifikan ($P>0,05$) terhadap berat telur. Rata-rata berat telur yang dihasilkan berkisar antara 10,91 hingga 11,39 g/g/butir. Hasil yang diperoleh lebih baik dibandingkan penelitian Sobur (2022); pentingnya telur puyuh yang ditambahkan tepung daun moringa, dengan konsentrasi hingga 4%, rata-rata antara 10,64 dan 11,07 g/butir. Pritisa (2021) melaporkan bahwa pentingnya	1. Mengukur berat dan kualitas telur 2. Tidak menggunakan daun kelor yang sudah difermentasi	Menggunakan tepung daun kelor

				telur puyuh yang diberi tepung daun moringa hingga 2,5% - rata-rata 10,32-11,11 g/butir. Dari dua penelitian di atas, dapat dilihat bahwa hasil penelitian ini memiliki berat telur yang lebih tinggi.		
--	--	--	--	--	--	--

Penelitian yang dilakukan oleh Kaori *et al.*, (2025) bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan tepung daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dalam pakan terhadap kualitas nutrisi telur puyuh (*Coturnix japonica*), khususnya berat telur, kandungan protein, dan indikasi kadar kolesterol. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan dua kelompok perlakuan, yaitu kelompok kontrol yang diberi pakan standar (BR) dan kelompok eksperimen yang diberi pakan campuran tepung jagung, dedak padi, tepung ikan, dan tepung daun kelor dengan perbandingan 1:1:1:1. Pakan diberikan dua kali sehari dengan dosis 200 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung daun kelor memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap kualitas telur puyuh. Telur dari kelompok eksperimen memiliki berat rata-rata lebih tinggi (sekitar 12–13 gram) dibandingkan kelompok kontrol (sekitar 10–11 gram), dengan peningkatan mencapai $\pm 20\%$. Selain itu, kandungan protein telur pada kelompok eksperimen lebih tinggi, yaitu berkisar antara 13,83–15,48%, sedangkan pada kelompok kontrol hanya berkisar 12,11–13,66%. Peningkatan protein ini dikaitkan dengan tingginya kandungan protein nabati dan asam amino esensial dalam daun kelor. Penelitian ini juga mengindikasikan adanya penurunan kadar kolesterol pada telur puyuh yang dihasilkan oleh kelompok eksperimen. Hal tersebut diduga berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif daun kelor seperti flavonoid, polifenol, dan antioksidan yang mampu meningkatkan metabolisme protein dan menekan akumulasi lemak serta kolesterol. Dengan demikian, telur dari puyuh yang diberi pakan daun kelor dinilai lebih sehat dan bernilai gizi lebih tinggi. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa tepung daun kelor berpotensi menjadi bahan pakan alternatif yang efektif dan fungsional karena mampu meningkatkan berat telur, kandungan protein, serta menurunkan kadar kolesterol telur puyuh, sehingga bermanfaat dari sisi nutrisi, kesehatan, ekonomi, dan keberlanjutan peternakan.

Fenita *et al.*, (2025) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan tepung daun kelor dalam ransum terhadap kualitas telur puyuh. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu ransum tanpa tepung daun kelor (P0/kontrol), serta ransum dengan penambahan tepung daun kelor masing-masing sebesar 5% (P1), 10% (P2), dan 15%

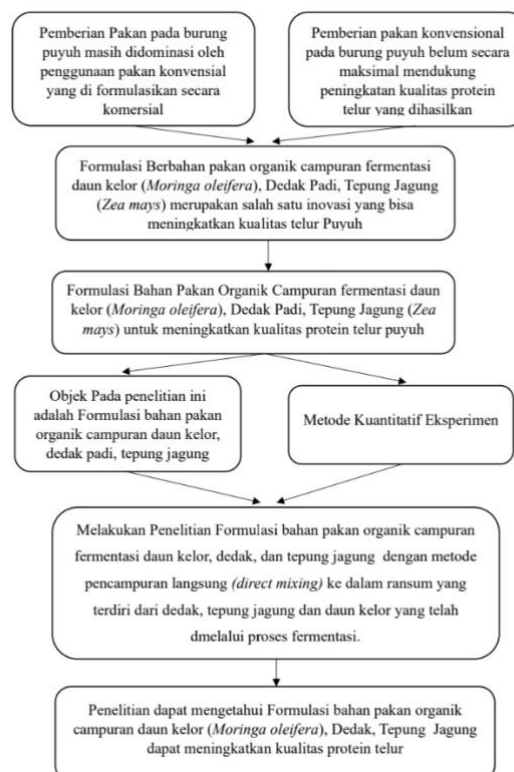
(P3), dengan lima ulangan. Variabel yang diamati meliputi bobot telur, warna kuning telur, indeks kuning telur, indeks albumen, Haugh Unit, bobot kerabang, dan ketebalan kerabang. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung daun kelor hingga level 15% dalam ransum memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan warna kuning telur puyuh ($P < 0,05$), yang semakin intens seiring meningkatnya persentase tepung daun kelor. Namun demikian, penambahan tepung daun kelor tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($P > 0,05$) terhadap bobot telur, indeks kuning telur, indeks albumen, nilai Haugh Unit, bobot kerabang, maupun ketebalan kerabang. Seluruh parameter kualitas telur tersebut tetap berada dalam kategori normal dan memenuhi standar mutu telur. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan tepung daun kelor sampai 15% dalam ransum puyuh aman diterapkan dan bermanfaat dalam meningkatkan kualitas warna pada kuning telur dan mampu meningkatkan protein telur tanpa menurunkan kualitas fisik maupun internal telur lainnya.

G. Kerangka Pemikiran

Pemberian pakan pada burung puyuh hingga saat ini masih didominasi oleh pakan konvensional yang diformulasikan secara komersial. Jenis pakan tersebut pada umumnya lebih menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi dasar, namun belum sepenuhnya mampu menunjang peningkatan kualitas protein telur yang dihasilkan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan adanya inovasi pakan alternatif yang tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan mutu hasil produksi telur puyuh. Salah satu alternatif yang berpotensi dikembangkan adalah formulasi pakan organik yang berasal dari campuran fermentasi daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dedak, dan tepung jagung (*Zea mays* L.). Daun kelor memiliki kandungan protein, vitamin, mineral, serta asam amino esensial yang cukup tinggi, sedangkan dedak padi dan tepung jagung berperan sebagai sumber energi. Proses fermentasi pada bahan-bahan pakan tersebut diharapkan mampu meningkatkan nilai nutrisi, memperbaiki pencernaan, serta mengoptimalkan pemanfaatan nutrisi oleh burung puyuh (*Coturnix japonica*).

Berdasarkan pertimbangan tersebut, formulasi pakan organik berupa campuran fermentasi daun kelor, dedak, dan tepung jagung dipandang memiliki potensi dalam meningkatkan kualitas protein telur puyuh. Penelitian ini menitikberatkan kajian pada penggunaan formulasi pakan organik tersebut sebagai objek utama penelitian. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penyusunan pakan organik dilakukan melalui metode pencampuran langsung (*direct mixing*) ke dalam ransum yang terdiri atas dedak padi, tepung jagung, dan daun kelor yang telah difermentasi. Pemberian perlakuan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formulasi pakan terhadap kualitas protein telur puyuh. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai kemampuan formulasi pakan organik campuran fermentasi daun kelor, dedak padi, dan tepung jagung dalam meningkatkan kualitas protein telur puyuh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan pakan alternatif yang lebih berkualitas, berkelanjutan, serta memiliki nilai ekonomis bagi peternak puyuh.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Kerangka Pemikiran

H. Asumsi dan Hipotesis Penelitian

1. Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Puyuh petelur (*Coturnix japonica*) yang digunakan dalam penelitian berada dalam kondisi sehat dan seragam umur.
- b. Proses fermentasi (*Moringa oleifera* Lam.) dilakukan secara konsisten dan menghasilkan kualitas bahan pakan yang relatif homogen.
- c. Dedak dan tepung jagung (*Zea mays* L.) yang digunakan memiliki kualitas nutrisi yang relatif seragam selama periode penelitian.
- d. Konsumsi pakan oleh puyuh relatif normal dan tidak dipengaruhi oleh faktor eksternal di luar perlakuan pakan yang diberikan.
- e. Perubahan kualitas protein telur puyuh yang terjadi selama penelitian terutama disebabkan oleh perlakuan formulasi pakan organik campuran fermentasi daun kelor, dedak, dan tepung jagung yang diberikan.

2. Hipotesis

- a. Hipotesis Nol (H_0)
Pemberian pakan organik campuran fermentasi daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.), dedak, dan tepung jagung (*Zea mays* L.) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas protein telur puyuh (*Coturnix japonica*).
- b. Hipotesis Alternatif (H_1)
Pemberian pakan organik campuran fermentasi daun kelor, dedak, dan tepung jagung berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas protein telur puyuh.

I. Analisis Pembelajaran

Penelitian mengenai formulasi pakan organik campuran fermentasi daun kelor, dedak, dan tepung jagung terhadap kualitas protein telur puyuh sangat relevan untuk dikaitkan dengan materi Bioteknologi pada pembelajaran Biologi SMA Kelas X. Hal ini karena penelitian tersebut menerapkan prinsip fermentasi sebagai bentuk bioteknologi konvensional yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk meningkatkan nilai guna suatu bahan. Dalam konteks pembelajaran, siswa tidak hanya memahami konsep fermentasi secara teoritis, tetapi juga melihat secara

nyata bagaimana bioteknologi berperan dalam meningkatkan kualitas produk hewani serta mendukung ketahanan pangan. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi contoh kontekstual penerapan bioteknologi di bidang peternakan.

1. Keluasan dan Kedalaman Materi

Materi bioteknologi mencakup berbagai aspek penting seperti pengertian bioteknologi konvensional dan modern, peran mikroorganisme dalam proses fermentasi, kerja enzim, serta pemanfaatan bioteknologi dalam bidang pangan, pertanian, dan peternakan. Penelitian skripsi ini memperkaya pemahaman siswa mengenai penerapan fermentasi dalam meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan secara ilmiah. Selain memahami teori tentang fermentasi, siswa juga dapat mempelajari mekanisme biologis yang terjadi selama proses fermentasi, seperti aktivitas enzim protease dalam menguraikan protein kompleks menjadi asam amino yang lebih sederhana. Penelitian ini juga membantu siswa memahami hubungan antara proses bioteknologi dengan peningkatan kualitas produk hewani, yaitu kualitas protein telur puyuh. Secara konseptual, penelitian ini mendukung pencapaian kompetensi siswa dalam menjelaskan prinsip bioteknologi konvensional serta menganalisis dampak penerapannya dalam bidang ekonomi dan lingkungan. Dengan demikian, materi tidak hanya dipahami secara teoritis, tetapi juga secara aplikatif dan kontekstual.

2. Karakteristik dan Kedalaman Materi

Materi bioteknologi pada kelas X memiliki karakteristik yang bersifat aplikatif, kontekstual, dan berbasis proses ilmiah. Pembelajaran tidak hanya menekankan pada pemahaman definisi bioteknologi, tetapi juga pada mekanisme kerja mikroorganisme, peran enzim dalam proses fermentasi, serta penerapannya dalam berbagai bidang kehidupan seperti pangan, kesehatan, dan peternakan. Penelitian mengenai fermentasi daun kelor, dedak, dan tepung jagung dalam meningkatkan kualitas protein telur puyuh sangat sesuai dengan karakter materi tersebut karena memuat penerapan nyata bioteknologi konvensional. Melalui penelitian ini, siswa dapat memahami bahwa fermentasi merupakan proses biologis yang melibatkan aktivitas mikroorganisme dalam mengubah senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dimanfaatkan oleh organisme lain.

Dari segi kedalaman materi, pembelajaran dapat dikembangkan hingga pada tingkat analisis dan evaluasi. Siswa tidak hanya mempelajari konsep dasar fermentasi, tetapi juga menganalisis bagaimana aktivitas enzimatis selama proses fermentasi dapat meningkatkan pencernaan protein serta memengaruhi kualitas produk hewani. Selain itu, siswa dapat mengevaluasi manfaat penggunaan bahan lokal dalam mendukung ketahanan pangan dan inovasi ramah lingkungan. Dengan demikian, pembelajaran dapat mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), karena siswa diajak untuk menghubungkan konsep teoritis dengan hasil penelitian secara ilmiah dan kritis.

3. Perubahan Perilaku Hasil Belajar

Integrasi penelitian ini dalam pembelajaran diharapkan mampu memberikan perubahan perilaku belajar pada tiga ranah, yaitu ranah kognitif, afektif, dan psikomotor. Pada ranah kognitif, siswa diharapkan mampu menjelaskan prinsip dasar fermentasi sebagai bagian dari bioteknologi konvensional, menganalisis peran mikroorganisme dalam meningkatkan kualitas nutrisi bahan, serta mengaitkan proses bioteknologi dengan peningkatan kualitas produk hewani. Siswa tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat antara proses fermentasi dan peningkatan kandungan protein telur.

Pada ranah afektif, pembelajaran ini diharapkan dapat menumbuhkan sikap ilmiah, rasa ingin tahu, serta kepedulian terhadap pemanfaatan sumber daya lokal seperti daun kelor dan dedak. Siswa juga diharapkan memiliki kesadaran akan pentingnya inovasi berbasis bioteknologi yang ramah lingkungan dan berkontribusi terhadap ketahanan pangan. Sikap menghargai proses ilmiah serta keterbukaan terhadap inovasi menjadi bagian penting dari perubahan perilaku yang diharapkan.

Pada ranah psikomotor, siswa diharapkan mampu melakukan percobaan fermentasi sederhana, mengamati perubahan yang terjadi pada bahan sebelum dan sesudah fermentasi, serta menyusun laporan hasil pengamatan secara sistematis. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir, tetapi juga melatih keterampilan praktikum dan prosedural siswa dalam menerapkan konsep bioteknologi.

4. Bahan dan Metode Pembelajaran

Bahan pembelajaran yang dapat digunakan dalam mengintegrasikan penelitian ini meliputi modul bioteknologi berbasis penelitian, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) tentang fermentasi, media audiovisual yang menampilkan proses fermentasi, serta artikel ilmiah populer mengenai pemanfaatan mikroorganisme dalam bidang peternakan. Selain itu, penggunaan bahan nyata seperti daun kelor atau dedak sebagai contoh sumber daya lokal dapat memperkuat pembelajaran kontekstual dan memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna.

Metode pembelajaran yang sesuai untuk materi ini adalah metode eksperimen, diskusi kelompok, studi literatur, dan presentasi hasil pengamatan. Metode eksperimen sangat dianjurkan karena materi bioteknologi bersifat aplikatif dan memerlukan pembuktian empiris agar siswa dapat memahami proses biologis secara lebih mendalam. Diskusi dan presentasi membantu siswa mengembangkan kemampuan komunikasi ilmiah serta memperkuat pemahaman konsep melalui interaksi sosial.

5. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran yang paling sesuai untuk mengimplementasikan materi ini adalah *Problem Based Learning* (PBL). Melalui strategi ini, siswa dapat merancang proyek sederhana terkait fermentasi bahan lokal, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga pelaporan hasil. Siswa dapat mengidentifikasi masalah, merancang langkah kerja, melakukan pengamatan, menganalisis data, dan mempresentasikan temuan mereka. Strategi ini mendorong siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Selain itu, pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) juga sangat relevan karena materi dikaitkan langsung dengan kehidupan nyata, khususnya dalam bidang peternakan dan ketahanan pangan. Dengan strategi ini, siswa memahami bahwa bioteknologi tidak hanya dipelajari sebagai konsep abstrak, tetapi juga memiliki manfaat nyata dalam meningkatkan kualitas sumber daya dan produk pangan. Pembelajaran menjadi lebih bermakna karena siswa mampu melihat hubungan antara teori biologi dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.