

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Subsektor peternakan unggas memiliki peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional melalui penyediaan protein hewani yang berkualitas dan terjangkau bagi masyarakat. Peningkatan kebutuhan protein hewani seiring pertumbuhan penduduk menyebabkan pengembangan komoditas unggas menjadi salah satu prioritas dalam pembangunan peternakan nasional. Selain ayam ras, ayam lokal juga memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan karena memiliki daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan tropis, lebih tahan terhadap kondisi pemeliharaan ekstensif, serta memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi di tingkat peternak rakyat. Salah satu hasil inovasi pemuliaan ayam lokal di Indonesia adalah Ayam Kampung Unggul Balitbangtan (KUB) yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Ternak melalui program seleksi genetik untuk meningkatkan produktivitas telur tanpa menghilangkan kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan tropis Indonesia (Iskandar and Sartika, 2014).

Ayam KUB merupakan ayam lokal unggul yang memiliki produktivitas telur lebih tinggi dibandingkan ayam kampung biasa. Produksi telur ayam KUB dapat mencapai 160–180 butir per ekor per tahun dengan tingkat mengeram yang lebih rendah dibandingkan ayam kampung pada umumnya (Sartika dkk., 2015). Selain itu, ayam KUB juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi pemeliharaan sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sumber protein hewani sekaligus sebagai komoditas yang mampu meningkatkan pendapatan peternak skala kecil hingga menengah. Tingginya produktivitas tersebut menyebabkan kebutuhan nutrisi ayam KUB, khususnya pada fase layer, harus

terpenuhi secara optimal agar produksi dan kualitas telur dapat dipertahankan. Ketersediaan energi, protein, asam amino, vitamin, dan mineral yang cukup di dalam ransum sangat menentukan keberhasilan proses pembentukan telur serta kualitas telur yang dihasilkan (Leeson and Summers, 2008).

Meskipun memiliki potensi yang besar sebagai ayam penghasil telur, pengembangan usaha ayam KUB masih menghadapi berbagai kendala, terutama tingginya biaya produksi. Pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam usaha peternakan unggas dan dapat mencapai sekitar 60–70% dari total biaya produksi (Munawaroh, 2018). Tingginya biaya pakan terutama disebabkan oleh ketergantungan terhadap bahan baku konvensional maupun bahan pakan impor yang harganya relatif mahal dan berfluktuasi. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi penyusunan ransum menjadi salah satu aspek penting dalam sistem produksi ayam petelur. Formulasi ransum yang tepat diharapkan tidak hanya mampu menekan biaya produksi, tetapi juga tetap memenuhi kebutuhan nutrisi ternak sehingga produktivitas dan kualitas telur dapat dipertahankan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi biaya pakan adalah melalui pemanfaatan berbagai bahan pakan lokal yang tersedia di sekitar wilayah peternakan. Indonesia memiliki beragam sumber bahan pakan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai penyusun ransum unggas, seperti jagung, dedak padi, bungkil kedelai, bungkil kelapa, tepung ikan, limbah hasil pertanian, sumber mineral lokal, serta bahan pakan alternatif lainnya. Bahan-bahan tersebut berpotensi menggantikan sebagian penggunaan bahan pakan konvensional maupun bahan impor karena memiliki kandungan nutrisi yang mampu memenuhi kebutuhan ternak apabila diformulasikan secara tepat. Pemanfaatan bahan pakan lokal tidak

hanya berkontribusi dalam menekan biaya produksi, tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan dan meningkatkan nilai tambah limbah maupun hasil samping sektor pertanian (Adrizal *et al.*, 2025).

Meskipun demikian, setiap bahan pakan lokal memiliki karakteristik nutrisi yang berbeda-beda. Kandungan protein, energi metabolisme, lemak, serat kasar, mineral, maupun asam amino esensial dipengaruhi oleh varietas, lokasi budidaya, musim panen, umur panen, serta metode pengolahan dan penyimpanan bahan pakan. Variasi kandungan nutrisi tersebut menyebabkan kualitas bahan baku tidak selalu seragam, sehingga menjadi tantangan dalam penyusunan formulasi ransum yang mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ternak secara konsisten. Oleh karena itu, penyusunan ransum memerlukan suatu metode optimasi yang tidak hanya mempertimbangkan biaya, tetapi juga mampu mengakomodasi variasi kandungan nutrisi dari berbagai bahan pakan lokal agar formulasi yang dihasilkan tetap efisien dan memenuhi kebutuhan nutrisi ayam KUB periode layer (Adrizal *et al.*, 2025; Adrizal *et al.*, 2026)

Penyusunan formulasi ransum merupakan salah satu tahapan penting dalam manajemen pakan karena bertujuan menghasilkan ransum yang mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ternak secara optimal dengan biaya yang efisien. Formulasi ransum dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan nutrisi ternak, komposisi nutrisi bahan pakan, ketersediaan bahan baku, serta harga setiap bahan penyusun ransum sehingga diperoleh kombinasi bahan pakan yang optimal (NRC, 1994; Leeson and Summers, 2008). Seiring meningkatnya pemanfaatan bahan pakan lokal sebagai sumber nutrisi alternatif, penyusunan formulasi ransum menjadi semakin

kompleks karena setiap bahan memiliki karakteristik nutrisi dan nilai ekonomi yang berbeda (Akhadiarto, 2019; Mahgoub *et al.*, 2018).

Salah satu metode optimasi yang banyak digunakan dalam penyusunan formulasi ransum adalah *Linear Programming* (LP). Metode ini mampu menentukan kombinasi berbagai bahan pakan dengan biaya minimum melalui suatu fungsi tujuan (*objective function*) yang dibatasi oleh sejumlah kendala (*constraints*) berupa kebutuhan nutrisi ternak dan batas penggunaan masing-masing bahan pakan (Cadenas *et al.*, 2004). Dalam formulasi ransum unggas, metode ini banyak digunakan karena mampu menghasilkan formulasi yang ekonomis sekaligus memenuhi kebutuhan energi, protein, asam amino, vitamin, dan mineral sesuai standar nutrisi ternak (Leeson and Summers, 2008; SNI, 2024).

Meskipun demikian, *Linear Programming* memiliki keterbatasan karena seluruh parameter yang digunakan dalam model diasumsikan memiliki nilai yang pasti (*crisp value*). Pada praktiknya, kandungan energi metabolisme, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, mineral, maupun asam amino setiap bahan pakan lokal dapat mengalami perubahan akibat perbedaan varietas, kondisi agroklimat, musim panen, teknik pengolahan, serta penyimpanan bahan pakan. Variasi tersebut menyebabkan kualitas nutrisi bahan baku tidak selalu seragam sehingga formulasi yang dihasilkan dengan *Linear Programming* belum tentu mampu menggambarkan kondisi nyata di lapangan apabila terjadi perubahan kualitas bahan baku (Mahgoub *et al.*, 2018; Adrizal and Andasuryani, 2023).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dikembangkan metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) sebagai penyempurnaan dari *Linear Programming*. Metode ini mengintegrasikan konsep logika *fuzzy* ke dalam proses optimasi sehingga

ketidakpastian kandungan nutrisi bahan pakan dapat diakomodasi dalam penyusunan formulasi ransum. Dengan pendekatan tersebut, proses optimasi tidak lagi bergantung pada satu nilai nutrisi yang bersifat pasti, tetapi menggunakan rentang nilai yang lebih mampu menggambarkan kondisi sebenarnya dari bahan pakan lokal. Pendekatan ini menghasilkan formulasi ransum yang lebih adaptif terhadap variasi kandungan nutrisi tanpa mengabaikan efisiensi biaya penyusunan ransum (Cadenas *et al.*, 2004; Adrizal *et al.*, 2025).

Pada metode *Fuzzy Linear Programming*, proses optimasi dilakukan menggunakan nilai keanggotaan (*membership value*) atau λ sebagai indikator tingkat pemenuhan kendala yang digunakan dalam model. Perbedaan nilai λ menghasilkan beberapa alternatif formulasi ransum dengan tingkat kompromi yang berbeda antara efisiensi biaya dan kecukupan nutrisi. Perubahan nilai λ menyebabkan proporsi penggunaan setiap bahan pakan, seperti jagung, dedak padi, bungkil kedelai, bungkil kelapa, tepung ikan, limbah kubis, pansi, kapur, dan mineral menjadi berbeda sehingga kandungan energi metabolisme, protein kasar, asam amino, mineral, maupun nutrisi lainnya pada setiap formulasi juga mengalami perubahan (Adrizal *et al.*, 2025; Adrizal and Andasuryani, 2023).

Berdasarkan konsep tersebut, penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy Linear Programming* untuk menyusun berbagai formulasi ransum ayam KUB periode layer menggunakan beberapa nilai λ . Perbedaan formulasi yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan alternatif penyusunan ransum yang lebih efisien serta dapat mengevaluasi pengaruh perubahan kandungan nutrisi akibat perbedaan formulasi terhadap kualitas fisik telur ayam KUB. Formulasi ransum yang disusun menggunakan *Fuzzy Linear Programming* (FLP) menghasilkan beberapa alternatif

komposisi bahan pakan berdasarkan tingkat keanggotaan (*membership value*) atau λ . Perbedaan nilai λ menyebabkan proporsi penggunaan setiap bahan penyusun ransum menjadi berbeda sehingga kandungan energi metabolisme, protein kasar, lemak, serat kasar, asam amino esensial, vitamin, dan mineral pada setiap formulasi juga mengalami perubahan (Adrizal *et al.*, 2025; Adrizal and Andasuryani, 2023). Perubahan kandungan nutrisi tersebut akan memengaruhi proses metabolisme dan pemanfaatan zat gizi di dalam tubuh ayam, khususnya pada proses sintesis komponen penyusun telur. Oleh karena itu, formulasi ransum yang berbeda berpotensi menghasilkan kualitas fisik telur yang berbeda pula (Leeson and Summers, 2008).

Protein merupakan komponen utama dalam pembentukan albumen dan kuning telur, sedangkan keseimbangan energi di dalam ransum menentukan efisiensi pemanfaatan protein untuk sintesis jaringan dan pembentukan telur. Selain itu, asam amino esensial seperti lisin dan metionin berperan dalam sintesis protein telur, sementara kalsium dan fosfor merupakan mineral utama yang dibutuhkan dalam proses pembentukan kerabang telur. Di sisi lain, pigmen alami seperti karotenoid dan xantofil yang berasal dari bahan pakan berkontribusi terhadap pembentukan warna kuning telur. Oleh karena itu, perubahan proporsi bahan penyusun ransum akibat penerapan FLP akan menyebabkan perbedaan kandungan nutrisi yang selanjutnya dapat memengaruhi kualitas fisik telur ayam KUB (Leeson and Summers, 2008; NRC, 1994).

Berat telur merupakan salah satu indikator utama kualitas telur yang dipengaruhi oleh kecukupan energi, protein, serta keseimbangan asam amino dalam ransum. Ransum dengan kandungan protein dan energi yang mencukupi akan

mendukung sintesis albumen dan kuning telur secara optimal sehingga menghasilkan berat telur yang lebih tinggi. Sebaliknya, ketidakseimbangan nutrisi dapat membatasi proses pembentukan telur dan menyebabkan berat telur menurun (Syafwan *et al.*, 2022; Abun *et al.*, 2018).

Indeks Putih Telur (IPT) menggambarkan kekentalan albumen yang berkaitan dengan kualitas protein telur. Albumen tersusun terutama oleh protein sehingga kualitas dan keseimbangan protein dalam ransum berperan penting dalam mempertahankan tinggi albumen. Ransum yang mampu memenuhi kebutuhan protein dan asam amino esensial secara optimal cenderung menghasilkan nilai IPT yang lebih baik dibandingkan ransum dengan kualitas protein yang lebih rendah (Leeson and Summers, 2008; NRC, 1994).

Indeks Kuning Telur (IKT) dipengaruhi oleh proses deposisi nutrisi ke dalam kuning telur selama pembentukan folikel. Ketersediaan energi, protein, dan lemak yang seimbang akan mendukung perkembangan kuning telur sehingga menghasilkan indeks kuning telur yang baik. Selain itu, keseimbangan nutrisi juga berperan dalam mempertahankan integritas membran vitelin sehingga bentuk kuning telur tetap bulat dan tidak mudah mengalami kerusakan (González-Muñoz *et al.*, 2009; Syafwan *et al.*, 2022).

Warna kuning telur terutama dipengaruhi oleh kandungan pigmen karotenoid dan xantofil yang berasal dari bahan pakan. Semakin tinggi kandungan pigmen alami yang dikonsumsi ayam, semakin banyak pigmen yang dideposisikan ke dalam kuning telur sehingga intensitas warna kuning telur meningkat. Oleh karena itu, perubahan komposisi bahan pakan sebagai akibat penerapan FLP berpotensi

memengaruhi tingkat deposisi pigmen dan menghasilkan perbedaan skor warna kuning telur (Leeson and Summers, 2008; Mahgoub *et al.*, 2018).

Haugh Unit (HU) merupakan indikator yang menggambarkan kesegaran dan kualitas internal telur berdasarkan hubungan antara tinggi albumen dan berat telur. Nilai HU dipengaruhi oleh kualitas protein, keseimbangan nutrisi, serta kondisi fisiologis ayam selama proses pembentukan telur. Ransum yang mampu memenuhi kebutuhan nutrisi secara optimal akan mendukung pembentukan albumen yang lebih kental sehingga menghasilkan nilai Haugh Unit yang lebih tinggi. Dengan demikian, perubahan formulasi ransum akibat penerapan *Fuzzy Linear Programming* diduga memberikan respons yang berbeda terhadap berat telur, Indeks Putih Telur, Indeks Kuning Telur, warna kuning telur, dan Haugh Unit ayam KUB periode layer (Leeson and Summers, 2008; Syafwan *et al.*, 2022).

Sebagai penelitian telah menunjukkan bahwa pemanfaatan bahan pakan lokal berpotensi menekan biaya produksi pakan tanpa mengurangi produktivitas ternak apabila diformulasikan secara tepat (Akhadiarto, 2019; Mahgoub *et al.*, 2018). Di sisi lain, metode *Linear Programming* telah lama digunakan sebagai pendekatan optimasi dalam penyusunan formulasi ransum karena mampu menghasilkan kombinasi bahan pakan dengan biaya minimum dan tetap memenuhi kebutuhan nutrisi ternak (Cadenas *et al.*, 2004). Namun demikian, metode tersebut masih memiliki keterbatasan karena mengasumsikan seluruh kandungan nutrisi bahan pakan bersifat pasti, sedangkan pada kondisi nyata kandungan nutrisi bahan pakan lokal dapat mengalami variasi akibat perbedaan sumber bahan baku, kondisi lingkungan, maupun proses pengolahan (Adrizal and Andasuryani, 2023).

Sebagai pengembangan dari metode tersebut, Adrizal *et al.*, (2025) dan Adrizal *et al.*, (2026) memperkenalkan pendekatan *Fuzzy Linear Programming* (FLP) untuk mengakomodasi ketidakpastian kandungan nutrisi dalam penyusunan formulasi ransum berbasis bahan pakan lokal. Pendekatan ini mampu menghasilkan beberapa alternatif formulasi ransum berdasarkan nilai keanggotaan (*membership value*) atau λ sehingga memberikan fleksibilitas yang lebih baik dibandingkan *Linear Programming* konvensional. Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan *Fuzzy Linear Programming* pada ayam Kampung Unggul Balitnak (KUB), khususnya untuk mengevaluasi pengaruh berbagai formulasi ransum terhadap kualitas fisik telur, masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada aspek optimasi biaya formulasi dan pemenuhan kebutuhan nutrisi, sedangkan informasi mengenai respons kualitas fisik telur akibat perbedaan formulasi hasil FLP masih belum banyak dilaporkan (Adrizal *et al.*, 2025; Adrizal *et al.*, 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian untuk mengkaji **“Pengaruh Berbagai Formulasi Ransum Yang Disusun Dengan *Fuzzy Linear Programming* Terhadap Kualitas Fisik Telur Ayam KUB”**. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas penerapan FLP dalam formulasi ransum unggas, sehingga diperoleh formulasi yang tidak hanya efisien secara ekonomi tetapi juga mampu menghasilkan kualitas telur yang optimal.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh berbagai formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* terhadap kualitas fisik telur ayam KUB.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh berbagai formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* terhadap kualitas fisik telur ayam KUB.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tentang pengaruh berbagai formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* terhadap kualitas fisik telur ayam KUB adalah menjadi dasar dalam pengembangan teknologi pakan unggas lokal yang berkelanjutan serta memberikan manfaat praktis bagi peternak dalam meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas hasil ternak. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung upaya pengelolaan limbah pertanian secara produktif.

1.5. Hipotesis Penelitian

Pemberian beberapa formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* terhadap kualitas fisik telur ayam KUB berpengaruh signifikan terhadap kualitas telur yang dihasilkan.