

Review: potensi tepung bulu ayam untuk pakan ikan

A review on chicken feather flour potential for fish feed

Yuli Andriani^{1✉}, Rusky Intan Pratama¹, In In Hanidah²

¹Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Padjadjaran,
Jln. Ir. Soekarno Km 21, Jatinangor, 45363

²Departemen Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi dan Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran,
Jln. Ir. Soekarno Km 21, Jatinangor, 45363

✉correspondent author: yuliyusep@yahoo.com

Abstrak

Meningkatnya permintaan dan konsumsi daging ayam dari tahun ke tahun membuat limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat terutama bulu ayam. Beberapa upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan pembuatan kemoceng dan *cock*, tetapi hal tersebut tidak terlalu berpengaruh untuk mengatasi limbah bulu ayam. Dengan adanya kadar nutrient seperti protein dan asam amino dalam limbah tersebut, tentu saja akan menjadi potensi yang luar biasa untuk digunakan dalam bahan baku pakan ikan. Akan tetapi, pemanfaatan limbah bulu ayam ini tergolong masih jarang karena bulu ayam memiliki struktur protein kasar yang banyak sehingga sulit untuk dicerna karena termasuk protein keratin. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar keratin dalam bulu ayam tersebut terdegradasi dan dapat dicerna oleh ikan. Tujuan dari review ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan limbah bulu ayam dalam budidaya perikanan terkhusus pakan ikan baik segi nutrient maupun aplikasinya dalam meningkatkan kualitas bahan baku tersebut dengan menggunakan berbagai macam pengolahan.

Kata kunci: bulu ayam, pakan ikan, pengolahan, pertumbuhan

Abstract

The escalating demand for chicken meat over the years has led to a corresponding increase in waste generation, particularly chicken feathers. While efforts such as making dusters and cocks have been undertaken to address this issue, they have yielded limited success in effectively managing chicken feather waste. Given the significant levels of nutrients, including protein and amino acids, present in this waste, it holds immense potential as a raw material for fish feed. However, the utilization of chicken feather waste remains relatively uncommon due to the challenging digestibility of its large crude protein structure, primarily composed of keratin protein. Thus, preprocessing is essential to degrade the keratin within chicken feathers, rendering it digestible for fish. This review aims to provide an overview of the potential utilization of chicken feather meal in aquaculture, particularly in fish feed formulations, by exploring its nutritional value and various processing methods to enhance the quality of this raw material.

Keywords: chicken feather, fish feed, processing, growth

Pendahuluan

Protein merupakan nutrisi yang sangat penting dalam pakan ikan, yang memengaruhi kualitas dan kuantitasnya, sangat penting sejak tahap awal perkembangannya hingga dewasa. Secara historis, tepung ikan telah menjadi sumber utama protein hewani dalam pakan buatan. Namun, pemanfaatannya menghadirkan serangkaian tantangan, termasuk meningkatnya biaya, ketersediaan yang tidak konsisten, kerentanan terhadap pemalsuan, dan variabilitas kualitas. Dengan meningkatnya permintaan akan tepung ikan di tengah stok yang berfluktuasi dan melonjaknya harga pakan ikan, di samping sektor akuakultur yang sedang

berkembang, maka pencarian sumber protein alternatif menjadi sangat penting. Pemanfaatan tepung bulu ayam merupakan suatu alternatif yang menjanjikan dan dapat melengkapi atau mensubstitusi tepung ikan dalam pakan ikan (Rachmawati *et al.*, 2018).

Bulu ayam merupakan limbah yang berasal dari rumah pemotongan ayam (RPA). Seiring dengan meningkatnya populasi ayam dan tingkat pemotongan ayam, limbah bulu ayam dari tahun ke tahun terus bertambah. Potensi ketersediaan bulu ayam yang berasal dari limbah pemotongan ayam di Indonesia sekitar 4 -5% dari bobot hidup. Produksi ayam broiler per tahun mencapai 2 miliar ekor dengan rata-rata bobot panennya adalah 1,5 kg/ekor. Jumlah limbah bulu ayam ras pedaging pada tahun 2019 mencapai 314.558,19 kg dari produksi ayam ras pedaging sebesar 3.495.091 ton (Izmah, 2021).

Menurut BPS (2023), setiap tahun jumlah pemotongan ayam bertambah, pada tahun 2018 sebanyak 3.137.707.479 ekor dan pada tahun 2019 meningkat menjadi 3.169.805.127 ekor. Sampai saat ini sebagian kecil bulu ayam hanya dimanfaatkan sebagai bahan pengisi jok, pupuk tanaman, kerajinan atau hiasan, *shuttlecock* dan kemoceng (Adiati & Puastuti 2004). Sebagian besar lainnya dibuang begitu saja di tempat pembuangan sampah, sehingga menyebabkan lingkungan sekitar tercemar. Umumnya produsen limbah bulu ayam mengatasinya dengan membakar atau mengubur bulu ayam tersebut yang justru akan menimbulkan masalah baru yaitu pencemaran tanah dan udara (Savitha *et al.*, 2007).

Bulu ayam termasuk ke dalam limbah yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan karena memiliki kandungan protein yang sangat tinggi yaitu sekitar 80-90% (Sari *et al.*, 2015). Menurut Zerdani *et al.* (2004) bulu ayam mengandung lemak sekitar 1,2% , kadar kering sekitar 86% dan kadar abu sekitar 1,3%. Selain itu bulu ayam juga kaya akan asam amino esensial dan memiliki energi metabolis 3047 kcal/kg (Murtidjo, 1987). Menurut Nursinatrio dan Nugroho (2019) kandungan protein bulu ayam melampaui kandungan protein mentah bungkil kedelai (42,5%) dan tepung ikan (66,5%). Analisis proksimat bulu ayam menunjukkan komposisinya, termasuk lemak kasar (0,83%), serat kasar (2,15%), protein kasar (82,36%), abu (1,49%), dan kadar air (12,33%). Selain itu, analisis lain menunjukkan adanya karbon (64,47%), nitrogen (10,41%), oksigen (22,34%), dan sulfur (2,64%).

Bulu ayam mengandung ikatan keratin yang sulit larut dalam air dan sulit dicerna, sehingga nilai kecernaan bulu ayam sangat rendah yaitu sekitar 10-15%. Keratin didefinisikan oleh banyaknya asam amino sistein, yang merupakan asam amino mengandung sulfur (S) dan dapat membentuk ikatan sulfur-sulfur (S-S). Keratin adalah protein serat yang banyak ditemukan di lapisan pelindung manusia atau hewan, seperti kulit, rambut, atau bulu

dimana kebanyakan keratin yang terdapat di alam adalah jenis alpha keratin (Mirdayanti, 2018). Bentuk alami tepung bulu ayam yang tidak mengalami pengolahan memiliki nutrisi yang bernilai rendah. Oleh karena itu, jika bulu ayam akan digunakan sebagai bahan baku pakan, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pada prinsipnya, pengolahan bulu ayam bertujuan untuk melemahkan atau memutuskan ikatan dalam keratin melalui proses hidrolisis. Perlakuan kimia dengan asam atau basa (NaOH, HCl) yang dapat meningkatkan nilai pencernaan sampai dengan 50-60% (Ekawati *et al.* 2016). Menurut Puastuti (2007), metode pengolahan bulu ayam terbagi menjadi empat macam yaitu fisik menggunakan temperatur tinggi dan tekanan, enzimatis, mikrobiologis dengan fermentasi dan kimiawi dengan asam, basa atau karbonasi. Menurut Nursinatrio dan Nugroho (2019), tepung bulu ayam menunjukkan daya cerna *in vitro* yang rendah baik dalam bentuk bahan kering maupun organik, masing-masing sebesar 5,8% dan 0,7% karena sifat proteinnya yang berserat. Oleh karena itu, hidrolisis sangat penting untuk meningkatkan daya cerna bulu ayam, sehingga memungkinkan pemanfaatannya sebagai sumber protein dalam pakan ikan, seperti pada ikan nila merah (*Oreochromis sp.*)

Bulu ayam memiliki potensi ekonomi yang besar sebagai pengganti tepung ikan yang layak mengingat komposisi nutrisinya yang masih tinggi seperti telah dijelaskan sebelumnya (Nursinatrio dan Nugroho, 2019). Saat ini, ketergantungan pada tepung ikan menghadapi tantangan seperti biaya tinggi, ketersediaan yang tidak konsisten, dan kualitas yang bervariasi. Dengan meningkatnya produksi ayam dan limbah bulu ayam, potensi pemanfaatannya sangat besar. Bulu ayam mengandung protein tinggi, namun sulit dicerna karena keratin. Pengolahan hidrolisis dapat meningkatkan pencernaan dan nilai nutrisi bulu ayam, menjadikannya sumber protein yang efisien dan ramah lingkungan untuk pakan ikan. Penelitian tentang pemanfaatan tepung bulu ayam sebagai sumber protein alternatif dalam pakan ikan sangat diperlukan. Oleh karena itu perlu dilakukan studi literatur (*review*) agar dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi dari bahan baku tersebut kepada *stakeholders* akuakultur terutama peneliti yang akan melakukan penelitian lanjutan terkait dengan potensi bahan tersebut.

Bahan dan Metode

Metode yang digunakan adalah deskriptif dengan melakukan studi review literatur pada berbagai jurnal penelitian seperti jurnal SAINTEKS, Sains Akuakultur Tropis, *Journal of Aquaculture Management and Technology* dan lain sebagainya. Jenis literatur yang akan dikaji adalah jurnal penelitian terkait penggunaan bahan lokal dalam pakan baik sebagai bahan

pengganti maupun sebagai bahan tambahan dalam pakan untuk pertumbuhan dan kelulushidupan ikan. Subjek hewan uji yang akan dibahas adalah spesifik pada berbagai jenis ikan. Hasil penelusuran jurnal terkait dilakukan pengelompokan sesuai topik dan diperoleh jurnal-jurnal sebagai acuan utama. Selanjutnya dilakukan analisis dan direview sesuai masing-masing subtopiknya.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi bulu ayam

Bulu adalah bagian dari kulit, terbentuk dari proses pertumbuhan yang terkendali melalui aktivitas sel biologi dari jaringan terluar tubuh atau epidermis (Said, 2014). Sebagian bagian bulu ayam terdiri dari bulu halus dan setengah lainnya adalah inti bulu yang berupa selubung bulu yang memiliki struktur tabung yang hampa. Bagian dari bulu tersebut mengandung protein yang sulit larut dan memiliki struktur yang sangat kuat dalam bentuk keratin. Keratin merupakan protein fibrous yang banyak mengandung sulfur dan biasanya terdapat pada kuku, rambut, dan bulu serta hasil lainnya dari pengerasan jaringan epidermis (Bungsu, 2018). Menurut Rachmawati *et al.* (2018), tepung bulu ayam terdiri dari keratin (protein kompleks) sehingga perlu dihidrolisis agar lebih mudah dicerna. Keratinase, dengan kemampuannya yang luar biasa untuk mendegradasi keratin, mengatur restrukturisasi arsitektur seluler protein, memecah ikatan hidrogen dan jembatan disulfida di dalam keratin.

Menurut Zerdani *et al.* (2004) bulu ayam mengandung lemak sekitar 1,2% , kadar kering sekitar 86% dan kadar abu sekitar 1,3%. Selain itu bulu ayam juga kaya akan asam amino esensial dan memiliki energi metabolis 3047 kkal/kg (Murtidjo, 1987). Kandungan nutrisi yang terdapat pada tepung bulu ayam terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Nutris Tepung Bulu Ayam

No	Kandungan	Tepung Bulu (a)	Tepung Bulu (b)
1.	Bahan Kering	93,3	91,96
2.	Serat Kasar	0,9	-
3.	Protein	85,8	83,74
4.	Lemak	7,21	3,81
5.	Abu	3,5	2,76
6.	Ca	1,19	0,17
7.	P	0,68	0,13
8.	DE (kkal/kg)	3.000	3.952

Sumber: ^aNRC (1994) dan ^bHasil Analisis Laboratorium Balitnak Ciawi, Bogor (2010)

Peningkatan kualitas bulu ayam secara biologis

Daya cerna protein keratin dari bulu ayam dalam organ pencernaan ikan sangat rendah, hanya 5,8%, sehingga diperlukan teknik untuk meningkatkan daya cernanya, seperti fermentasi. Fermentasi melibatkan enzim metabolisme mikroorganisme yang mengkatalisis oksidasi, reduksi, hidrolisis, dan reaksi kimia lainnya, yang menghasilkan perubahan kimiawi substrat organik. Proses ini dapat mendegradasi keratin bulu ayam dengan memanfaatkan mikroba yang menghasilkan enzim protease, yang menghidrolisis keratin dengan cara mengganggu ikatan sistein disulfida, sehingga mengubah keratin menjadi protein yang lebih sederhana. Dalam sebuah penelitian oleh Nazar dkk. (2024), jumlah optimal tepung bulu ayam yang difermentasi dengan menggunakan *Rhizopus* sp diselidiki untuk meningkatkan efisiensi pakan dan pertumbuhan benih ikan patin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan tepung bulu ayam fermentasi menggunakan *Rhizopus* sp secara signifikan mempengaruhi efisiensi pakan dan pertumbuhan benih ikan patin. Secara khusus, penggunaan 22,5% tepung bulu ayam fermentasi ke dalam pakan memberikan hasil yang paling baik dalam hal pencernaan pakan (55,36%), pencernaan protein (85,39%), efisiensi pakan (83,59%), retensi protein (36,33%), laju pertumbuhan spesifik (3,38%), dan kelangsungan hidup (92,00%).

Peningkatan kualitas protein dalam tepung bulu melalui fermentasi dengan mikroorganisme telah banyak diteliti untuk digunakan sebagai pengganti tepung ikan dalam pakan ikan. Senyawa protein difermentasi oleh enzim dari pencernaan sendiri dan diubah menjadi polipeptida, peptida dan asam amino di bawah kondisi optimal sebelum digunakan sebagai sumber nitrogen dalam pakan ikan. Umumnya, ada beberapa mikroorganisme keratinofilik alami di tanah dan kulit hewan seperti bakteri (*Bacillus*, *Streptomyces*) dan jamur (*Mucor*, *Rhizopus* dan *Aspergillus*) yang aktif pada suhu kamar dan kondisi optimal (kelembaban lebih dari 20%), dan mikroorganisme ini dapat memfermentasi tepung bulu ayam (Arunlertaree dan Moolthongnoi, 2008). Bentuk alami tepung bulu ayam yang tidak mengalami pengolahan memiliki nutrisi yang bernilai rendah. Oleh karena itu, jika bulu ayam akan digunakan sebagai bahan baku pakan, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Menurut Puastuti (2007), metode pengolahan bulu ayam terbagi menjadi empat macam yaitu fisik menggunakan temperatur tinggi dan tekanan, enzimatik, mikrobiologis dengan fermentasi dan kimiawi dengan asam, basa atau karbonasi. Pada prinsipnya, pengolahan bulu ayam bertujuan untuk melemahkan atau memutuskan ikatan dalam keratin melalui proses hidrolisis. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan beberapa hasil riset terkait peningkatan kualitas bulu ayam secara biologis.

Tabel 2. Daftar Riset Terkait Peningkatan Kualitas Bulu Ayam secara Biologis

Pengolahan	Perlakuan	Hasil	Referensi
Fermentasi dengan <i>Bacillus licheniformis</i> B2560.	Fermentasi dengan dosis 0, 5, 10 dan 15 ml inokulum <i>B. licheniformis</i> B2560.	Perlakuan terbaik dengan fermentasi 5 ml yang dapat meningkatkan kadar protein sebesar 84,08% dan juga berpengaruh terhadap perubahan sifat organoleptik tepung bulu ayam seperti tekstur, aroma, dan warna.	Mulia <i>et al.</i> (2014)
Fermentasi dengan <i>Bacillus subtilis</i>	Non fermentasi, fermentasi dengan inokulum <i>B. subtilis</i> 5 mL/2 g, 10 mL/2 g dan 15 mL/2 g tepung bulu ayam.	Perlakuan paling efektif yaitu dengan fermentasi 10 ml/2 g yang dapat meningkatkan kadar protein sebesar 80,59% serta dapat meningkatkan kualitas bahan baku pakan ikan.	Mulia <i>et al.</i> (2016)
Fermentasi dengan <i>Bacillus subtilis</i>	Perlakuan I: fermentasi (A1: kontrol/non fermentasi, A2: fermentasi dengan <i>B. licheniformis</i> B2560, A3: fermentasi dengan <i>B. subtilis</i>), dan perlakuan II: jumlah inokulum (B1: 5 mL, B2: 10 mL, B3 : 15 mL	Perlakuan dengan fermentasi menggunakan <i>B. licheniformis</i> B2560 dapat meningkatkan kandungan beberapa jenis asam amino lebih tinggi dibandingkan dengan <i>B. subtilis</i> . Perlakuan yang paling optimal untuk mendegradasi protein keratin menjadi asam amino yaitu dengan jumlah inokulum 15 mL.	Mulia <i>et al.</i> (2021)
Fermentasi dengan <i>Bacillus subtilis</i>	Perlakuan terdiri atas dosis inokulum <i>Bacillus subtilis</i> sebesar 2,5%, 5% dan 7,5% dan lama fermentasi yaitu 1, 3 dan 5 hari	Perlakuan dengan dosis inokulum <i>Bacillus subtilis</i> 5% dan lama fermentasi 3 hari menghasilkan kandungan bahan organik dan protein kasar terbaik.	Wahyuni <i>et al.</i> (2023)

Penggunaan bulu ayam dalam pakan ikan

Bulu ayam memiliki manfaat dalam budidaya perikanan, salah satunya adalah untuk formulasi pakan dalam pengganti pakan alternatif. Nursinatrio dan Nugroho (2019) meneliti tentang pakan ikan nila merah yang berasal dari tepung bulu ayam hidrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tepung hingga 12% sebagai suplemen memberikan efek positif pada semua parameter pertumbuhan. Selain itu, pemberian suplemen pakan ikan nila merah dengan tepung bulu ayam di atas 6% menyebabkan peningkatan kandungan protein dan lemak pada karkas ikan. Tingkat kelangsungan hidup yang optimal diamati pada ikan nila merah yang diberi pakan yang dilengkapi dengan 9% tepung bulu ayam. Penelitian ini mengungkapkan bahwa mengintegrasikan tepung bulu ayam ke dalam pakan tidak mengganggu pertumbuhan, asupan pakan, tingkat kelangsungan hidup, atau komposisi karkas ikan nila merah. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tepung bulu ayam merupakan alternatif yang layak untuk tepung ikan dalam formulasi pakan air

untuk ikan nila merah. Tabel 3 di bawah ini merupakan beberapa riset aplikasi pemanfaatan tepung bulu ayam pada formulasi pakan dalam budidaya perikanan.

Tabel 3. Riset Terkait Aplikasi Pemanfaatan Tepung Bulu Ayam pada Formulasi Pakan Budidaya Perikanan

Pengolahan	Organisme	Dosis dalam Pakan	Hasil	Referensi
Kimiawi dengan HCl 12%	Ikan Bawal (Colossoma macropomum)	Substitusi 0, 25, 50, 75 dan 100% dengan tepung ikan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung bulu ayam sampai 100% tidak berpengaruh pada tingkat kelangsungan hidup, tingkat pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, rasio efisiensi protein, dan retensi protein tetapi efeknya pada pencernaan protein.	Ekawati <i>et al.</i> (2016)
Silase	Ikan Gurami (Osphronemus gourami)	Substitusi 0, 25, 50, 75 dan 100% dengan tepung ikan.	Perlakuan dengan 25% silase tepung bulu ayam dan 75% tepung ikan dalam pakan mampu menghasilkan bobot mutlak, RGR dan EPP masing-masing sebesar 74,31 g, 1,56%/hari dan 43,44%.	Wibowo <i>et al.</i> (2018)
Fermentasi dengan ragi roti	Ikan Lele (Clarias gariepinus)	Substitusi 0, 25, 50, 75 dan 100% dengan tepung ikan.	Perlakuan dengan 25% silase tepung bulu ayam dalam pakan buatan berpengaruh sangat nyata terhadap RGR, pertumbuhan mutlak, dan EPP benih ikan lele berturut - turut yaitu 72,26±2,53, 2,96±0,11 dan 66,06±2,37.	Kurniawan <i>et al.</i> (2017)
Fermentasi dengan ragi roti	Ikan Nila Gift (Oreochromis niloticus)	Substitusi 0, 25, 50, 75 dan 100% dengan tepung ikan.	Perlakuan terbaik yaitu dengan penambahan 25% silase tepung bulu ayam dengan RGR, EPP dan FCR masing - masing sebesar 3,42%/hari, 78,32% dan 1,18	Nurhayati <i>et al.</i> (2017)
Silase	Ikan Nila Gift (Oreochromis niloticus)	Substitusi 0, 25, 50, 75 dan 100% dengan tepung ikan.	Hasil penelitian memperlihatkan pengaruh sangat nyata terhadap RGR, EPP, PER dan FCR, tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap SR. Perlakuan terbaik yaitu substitusi tepung ikan dengan silase tepung bulu ayam sebesar 25% yang dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan nila Gift.	Rachmawati & Samidjan (2017)

Simpulan

Penggunaan tepung bulu ayam sebagai alternatif tepung ikan dalam formulasi pakan ikan menunjukkan potensi besar dalam budidaya perikanan. Nilai nutrisinya dapat ditingkatkan melalui metode pengolahan seperti fermentasi dengan mikroorganisme keratinofilik. Penelitian menunjukkan bahwa fermentasi tepung bulu ayam meningkatkan efisiensi pakan, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup benih ikan. Penggunaan tepung bulu ayam dalam pakan ikan, seperti ikan nila merah, memberikan hasil positif tanpa mengganggu parameter pertumbuhan, asupan pakan, kelangsungan hidup, atau komposisi daging ikan. Oleh karena itu, tepung bulu ayam merupakan alternatif yang layak untuk menggantikan tepung ikan dalam formulasi pakan ikan budidaya. Studi lanjutan diperlukan untuk memahami dan mengoptimalkan penggunaannya sebagai sumber protein bagi berbagai spesies ikan.

Daftar Pustaka

- Adiati U, Puastuti W. 2004. *Bulu Ayam Untuk Pakan Ruminansia*. Bogor: Balai Peternakan.
- Arunlertaree C, Moolthongnoi C. 2008. The Use of Fermented Feather Meal for Replacement Fish Meal in The Diet of *Oreochromis niloticus*. *Environment and Natural Resources Journal* 6(1):13-24
- Badan Pusat Statistika. 2023. *Populasi Ayam Ras Pedaging menurut Provinsi*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bungsu A. 2018. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Keratinolitik dari Beberapa Sumber Keratin dan Karakterisasi Enzimnya*. Skripsi. Medan: Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Izmah A. 2021. *Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Broiler sebagai Bioadsorben untuk Mengurangi Kandungan Amonia (NH₃) Limbah Cair Home Industri Ayam Potong*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Ekawati AW, Yuniarti A, Marsoedi. 2016. Chicken Feather Silage Meal as a Fish Meal Protein Source Replacement in Feed Formula of Pomfret (*Colossoma macropomum*). *Research Journal of Life Science*, 3(2):98–108.
- Kurniawan A, Rachmawati D, Samidjan I. 2017. Pengaruh Substitusi Silase Tepung Bulu dalam Pakan Buatan terhadap Pertumbuhan dan Efisiensi Pemanfaatan Pakan Benih Ikan Lele. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(2): 1–9.
- Mirdayanti R. 2018. Identifikasi Keratin dari Ekstraksi Limbah Bulu Ayam. *Jurnal Ilmiah Sains, Teknologi, Ekonomi, Sosial dan Budaya*, 2(2): 33-36
- Mulia DS, Husin A, Wuliandari JR. 2021. Kandungan Asam Amino Tepung Bulu Ayam yang Difermentasi dengan *Bacillus licheniformis* B2560 dan *Bacillus subtilis* sebagai Bahan Baku Pakan Ikan. *Sainteks*, 18(2):155-167

- Mulia DS, Nartanti Y, Maryanto H, Purbomartono C. 2014. Fermentation Chicken Feather Meal of *Bacillus licheniformis* B2560 for Improving the Quality of Raw Fish Feed. Surakarta: *Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 234–240.
- Mulia DS, Yuliningsih RT, Maryanto H, Purbomartono C. 2016. Utilization of Waste Chicken Feather to Fish Feed Ingredients Material with Fermentation of *Bacillus subtilis*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1):49-57
- Murtidjo BA. 1987. *Pedoman Beternak Ayam Broiler*. Yogyakarta: Kanisius.
- National Research Council (NRC). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. US: Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture.
- Nazar MA, Adelina, Suharman I. 2024. Utilization of Fermented Chicken Feather Flour Using *Rhizopus* sp in Feed on the Growth of Striped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 29(1): 77-85
- Nurhayati W, Rachmawati D, Samidjan I. 2017. Pengaruh Substitusi Silase Tepung Bulu Ayam dalam Pakan Buatan terhadap Pertumbuhan dan Pemanfaatan Pakan Ikan Nila Gift. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(4):248–254.
- Nursinatrio, Nugroho RA. 2019. Hydrolyzed Chicken Feather Meal as Protein Source for Red Tilapia (*Oreochromis* sp.) Aquafeeds. *Pakistan J. Zool.*, 51(4):1489-1496
- Puastuti W. 2007. Teknologi Pemrosesan Bulu Ayam dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Protein Pakan Ruminansia. *Wartazoa*, 17(2):53–60.
- Rachmawati D, Samidjan I. 2017. Performan Pertumbuhan, Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Kelulushidupan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*) melalui Susbtitusi Tepung Ikan dengan Silase Tepung Bulu Ayam dalam Pakan Buatan. Madura: *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan III*, 239–247.
- Rachmawati D, Samidjan I, Harwanto D, Pranggono H. 2018. Substitution of Fish Meal with Chicken Feather Silage Meal on Diet Can Improve Growth Performance of Striped Catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Omni-Akuatika*, 14 (3): 60–65
- Said MI. 2014. *By Product Ternak: Teknologi dan Aplikasinya*. Bogor: IPB Press.
- Sari EP, Putri IST, Putri RA, Imanda S, Elfidasari D, Puspitasari RLP. 2015. *Pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai pakan ternak ruminansia*. 1(1):136–138.
- Savitha G, Joshi MM, Tejashwini N, Revati, R, Sridevi S, Roma D. 2007. Isolation, Identification and Characterization of a Feather Degrading Bacterium. *International Journal of Poultry Science*, 6(9):689–693.
- Wahyuni T, Rusmana D, Hasbuna A. 2023. *Pengaruh Perbedaan Dosis Inokulum dan Lama Fermentasi oleh Bacillus subtilis terhadap Kandungan Bahan Organik dan Protein Kasar Tepung Bulu Ayam*. *JNTTIP*, 5(3):135-146
- Wibowo WP, Samidjan I, Rachmawati D. 2018. Analisis Laju Pertumbuhan Relatif, Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Kelulushidupan Benih Ikan Gurami Melalui Substitusi Silase Tepung Bulu Ayam dalam Pakan Buatan. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 2(1):62–71.

Zerdani I, Faid M, Malki A. 2004. Feather wastes digestion by new isolated strains *Bacillus* sp. in Morocco. *African Journal of Biotechnology*, 3(1):67–70.