



Optimalisasi Limbah Bulu Ayam Menjadi Tepung Bulu Ayam Berprotein Tinggi

Optimization Of Chicken Feather Waste Into High-Protein Chicken Feather Meal

Wiwit Denny Fitriana^{1*}, Afsah Novitasari¹, Anna Qomariana², Chandra Sukma Anugrah¹, Mohamad Fajril Islami³

¹ Faculty of Science and Technology, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum, 61481, Jombang, Indonesia

² Faculty of Islamic, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum, 61481, Jombang, Indonesia

³ Chemical Education Department, Faculty of Tarbiyah and Teacher Training, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 55281, Sleman, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: wiwitdenny@mipa.unipdu.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Submitted: 22 September 2024

Revised: 11 October 2024

Accepted: 13 November 2024

Published: 01 March 2025

KATA KUNCI:

Limbah Bulu Ayam
Tepung Berprotein Tinggi
Uji Organoleptik
Uji Proksimat

KEYWORDS:

Chicken Feather Waste
High-Protein Meal
Organoleptic Test
Proximate Analysis

© 2025 The Author(s). Published by
Department of Animal Husbandry, Faculty
of Agriculture, University of Lampung in
collaboration with Indonesian Society of
Animal Science (ISAS).

This is an open access article under the CC
BY 4.0 license:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah bulu ayam menjadi tepung bulu ayam berprotein tinggi dengan menggunakan berbagai metode pengolahan. Model penelitian yang digunakan yaitu eksperimen rancangan acak lengkap (RAL). Pengolahan tepung melalui empat metode yaitu pengolahan fisik (P1), kimia dengan HCl 12% (P2), enzimatik dengan enzim proteolitik 0,4% (P3), dan kimia dengan NaOH 6% (P4). Analisis proksimat meliputi serat kasar, protein, kadar air, abu, dan lemak. Uji organoleptik mengevaluasi warna, tekstur, dan bau tepung. Hasil ANOVA dan DMRT pada taraf 5% menunjukkan perbedaan signifikan antar metode. Metode kimia dengan NaOH 6% menghasilkan protein tertinggi (50,1%). Sementara itu, data organoleptik dianalisis secara kualitatif, menunjukkan bahwa semua sampel tepung memiliki bau, warna, dan tekstur yang seragam. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa metode pengolahan secara kimia dengan NaOH 6% paling efektif dalam meningkatkan kandungan protein, memberikan solusi optimal untuk memanfaatkan limbah bulu ayam secara ekonomi dan lingkungan.

ABSTRACT

This study aims to process chicken feather waste into high-protein feather meal using a completely randomized design (CRD) experimental model. Four processing methods were applied: physical (P1), chemical with 12% HCl (P2), enzymatic with 0.4% proteolytic enzyme (P3), and chemical with 6% NaOH (P4). Proximate analysis included crude fiber, protein, moisture, ash, and fat content. An organoleptic test evaluated the color, texture, and odor of the meal. ANOVA and DMRT at the 5% level indicated significant differences between methods. The chemical method with 6% NaOH yielded the highest protein content (50.1%). Organoleptic data showed that all samples had similar sensory characteristics. The study concludes that the chemical processing method with 6% NaOH is the most effective in enhancing protein content, providing an optimal solution for economically and environmentally utilizing chicken feather waste.

1. Pendahuluan

Limbah bulu ayam telah menjadi salah satu masalah lingkungan yang signifikan di Indonesia, terutama dengan meningkatnya produksi ayam dalam industri peternakan. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Indonesia, pada tahun 2022, produksi ayam broiler mencapai sekitar 3,7 juta ton. Dari jumlah tersebut, diperkirakan sekitar 370 ribu ton bulu ayam dihasilkan sebagai limbah (Kementerian Pertanian Indonesia 2022). Bulu ayam mengandung keratin, suatu protein yang sangat kuat dan sulit terurai secara alami karena ketahanannya terhadap enzim pencernaan dan proses biologis lainnya. Jika dibiarkan menumpuk, bulu ayam dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan yang serius, terutama dalam skala besar, yang mengakibatkan peningkatan polusi udara dan tanah (Rahayu dkk. 2014). Oleh karena itu, pengelolaan limbah bulu ayam menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Namun, bulu ayam juga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan, terutama karena kandungan protein kasarnya yang tinggi, berkisar antara 82-85% (Andriani dkk. 2024). Protein ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pakan ternak, yang dapat menjadi solusi inovatif dalam industri peternakan. Kendati demikian, bulu ayam dalam bentuk aslinya sulit dicerna oleh hewan karena kandungan keratin yang keras dan tidak larut (Mulia dkk. 2016). Oleh sebab itu, berbagai metode pengolahan telah dikembangkan untuk memecah keratin dan meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam bulu ayam, termasuk metode fisik, kimia, enzimatik, dan kombinasi kimia dengan basa.

Metode pengolahan fisik sering kali menggunakan suhu tinggi dan tekanan untuk memecah keratin (Siregar dkk. 2024). Meskipun metode ini dapat mempermudah proses penggilingan, hasil akhir tepung bulu ayam cenderung memiliki nilai nutrisi yang lebih rendah karena pemecahan keratin yang tidak optimal. Sementara itu, metode kimia menggunakan bahan kimia kuat seperti HCl atau NaOH untuk melarutkan keratin dan menghasilkan tepung bulu ayam dengan kandungan protein yang lebih tinggi (Puastuti dkk. 2004). Namun, metode ini juga memiliki kelemahan, terutama biaya tinggi dan waktu proses yang lama. Metode enzimatik, yang menggunakan enzim proteolitik untuk memecah keratin, dianggap sebagai metode yang lebih ramah lingkungan dan efisien, meskipun juga memerlukan biaya operasional yang signifikan (Mulia dkk. 2016). Selain itu, kombinasi antara penggunaan basa dan proses kimia terbukti mampu menghasilkan

tepung dengan kualitas tinggi, namun masih diperlukan lebih banyak penelitian mengenai penerapan metode ini dalam skala industri (Puastuti 2007).

Sebagai bahan pakan ternak potensial, tepung bulu ayam tidak hanya dinilai dari kandungan proteinnya, tetapi juga dari sifat organoleptiknya, seperti warna, bau, dan tekstur, yang penting dalam menentukan penerimaan produk oleh konsumen atau industri pakan ternak (Mulia dkk. 2014). Namun, penelitian sebelumnya belum secara komprehensif mengevaluasi kualitas organoleptik tepung bulu ayam yang dihasilkan dari berbagai metode pengolahan, serta hubungannya dengan nilai nutrisi (Fitriana dkk. 2024b).

Selain itu, terdapat kesenjangan dalam literatur yang membahas efisiensi dan kualitas dari berbagai metode pengolahan bulu ayam. Penelitian yang ada lebih banyak dilakukan pada skala laboratorium, sementara evaluasi dalam skala yang lebih besar masih sangat terbatas (Mulia dkk. 2016). Metode fisik sering menghasilkan tepung dengan kandungan protein yang lebih rendah, sedangkan metode kimiawi dan enzimatis menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dalam memecah keratin, tetapi memerlukan biaya lebih besar (Puastuti 2007). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penting mengenai metode pengolahan yang paling optimal untuk menghasilkan tepung bulu ayam berprotein tinggi dan berkualitas baik, yang dapat diaplikasikan pada skala industri pakan ternak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menguji secara komprehensif dan membandingkan berbagai metode pengolahan limbah bulu ayam. Fokus utama adalah untuk menghasilkan tepung berprotein tinggi yang tidak hanya sesuai dengan kebutuhan nutrisi pakan ternak, tetapi juga memiliki kualitas fisik yang baik, termasuk sifat organoleptik. Selain itu, penelitian ini menggunakan pendekatan analisis proksimat yang detail untuk mengukur kandungan protein, serat kasar, kadar air, dan komponen lainnya, yang digabungkan dengan analisis organoleptik untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai kualitas tepung bulu ayam yang dihasilkan (Mulia dkk. 2014). Dengan pendekatan ini, penelitian ini berusaha memberikan solusi yang aplikatif untuk memanfaatkan limbah bulu ayam secara optimal, dengan potensi manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pakan Ikan PT Angler Biochemlab, Surabaya, mulai dari bulan Juni hingga Agustus 2024. Seluruh tahapan pengolahan sampel, mulai dari persiapan hingga pengujian proksimat, uji organoleptik, serta uji pencernaan dan keamanan mikrobiologis, dilakukan di fasilitas laboratorium tersebut. Pemilihan lokasi laboratorium ini didasarkan pada ketersediaan peralatan canggih yang mendukung proses penelitian secara menyeluruh, serta keahlian teknis tim laboratorium yang sangat berkompeten dalam membantu pelaksanaan penelitian. Dengan fasilitas yang memadai dan keahlian teknis yang mendalam, laboratorium ini memungkinkan pengujian dengan akurasi tinggi dan hasil yang andal, yang sangat penting bagi keberhasilan penelitian.

2.2. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) untuk mengevaluasi efektivitas empat metode pengolahan bulu ayam menjadi tepung berprotein tinggi. Metode pengolahan yang diterapkan adalah pengolahan fisik, kimia dengan HCl 12%, enzimatis, dan kimia dengan NaOH 6% sebagai variabel bebas, sementara kualitas tepung bulu ayam seperti serat kasar, protein, kadar air, total abu, total lemak dan sifat organoleptik sebagai variabel tergantung (Lamiyah dkk. 2022). Setiap metode dilakukan dalam 3 pengulangan untuk memastikan data yang akurat. Setelah pengolahan, kualitas tepung dievaluasi melalui pengujian, dan hasilnya dianalisis menggunakan ANOVA untuk melihat perbedaan signifikan antar metode. Hasil ini kemudian digunakan untuk menentukan metode pengolahan terbaik. Teknik pengolahan yang diterapkan antara lain:

- P₁ : Pengolahan secara fisik Limbah bulu ayam yang diproses menggunakan teknik fisik dapat dilakukan dengan tekanan dan suhu tinggi, yaitu pada suhu 105 °C dengan tekanan 3 atm dan kadar air 40% selama 8 jam. Sampel yang sudah bersih akan di autoclave, kemudian dikeringkan dan siap untuk digiling (Siregar dkk. 2024).
- P₂ : Pengolahan secara kimiawi Proses kimiawi dilakukan dengan penambahan HCl 12%, dengan ratio 2:1 pada bulu ayam yang sudah bersih, lalu disimpan dalam wadah tertutup selama empat hari. Sampel yang telah direndam dengan HCl 12% kemudian dikeringkan dan siap untuk digiling menjadi tepung (Puastuti dkk. 2004).

- P₃ : Pengolahan secara enzimatis Bulu ayam yang diproses dengan teknik enzimatis dilakukan dengan menambahkan enzim proteolitik 0,4% dan disimpan selama dua jam pada suhu 52 °C. Bulu ayam kemudian dipanaskan pada suhu 87 °C hingga kering dan digiling hingga menjadi tepung bulu ayam (Mulia dkk. 2016).
- P₄ : Pengolahan secara kimia dengan basa Pengolahan secara kimia menggunakan basa, dapat dilakukan dengan menambahkan NaOH 6%, disertai pemanasan dan tekanan menggunakan autoclave. Bulu ayam yang sudah siap kemudian dikeringkan dan digiling (Puastuti 2007).

Pengujian tepung bulu ayam merupakan langkah penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan nilai nutrisi yang optimal. Setiap metode pembuatan tepung bulu ayam diuji melalui beberapa parameter utama, yaitu analisis proksimat, uji organoleptik, uji pencernaan pepsin, dan uji keamanan mikrobiologis. Berikut penjelasan rinci mengenai masing-masing uji yang dilakukan:

2.2.1 Analisis Proksimat

Analisis proksimat bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dasar dari tepung bulu ayam, yang meliputi serat kasar, protein kasar, kadar air, total abu, dan total lemak. Semua parameter ini memberikan gambaran mengenai kualitas nutrisi tepung yang dihasilkan.

2.2.1.1 Serat Kasar: Serat kasar diukur menggunakan metode yang diatur dalam SNI 01-2891-1992 point 11, yang melibatkan perlakuan sampel dengan larutan asam dan basa (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Metode ini bertujuan untuk menghitung jumlah serat yang tidak larut dalam asam atau basa, yang tidak dapat dicerna oleh tubuh hewan ternak. Kandungan serat kasar yang tinggi menunjukkan bahwa tepung mungkin memiliki tingkat pencernaan yang lebih rendah.

2.2.1.2 Protein Kasar: Protein kasar diukur dengan metode Kjeldahl sesuai SNI 01-2891-1992 point 7.1, yang menghitung total nitrogen dalam sampel, kemudian dikonversikan menjadi kandungan protein (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Kandungan protein kasar yang tinggi sangat penting karena tepung bulu ayam ditujukan sebagai bahan pakan berprotein tinggi. Analisis ini memberikan

gambaran mengenai potensi penggunaan tepung sebagai sumber protein dalam pakan ternak (Ispitasari dan Haryanti 2022).

- 2.2.1.3 Kadar Air: Kadar air ditentukan melalui pengeringan gravimetric sesuai SNI 01-2891-1992 point 5.1, di mana sampel dikeringkan pada suhu tertentu (sekitar 105°C) hingga mencapai berat konstan (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Pengukuran kadar air penting untuk menentukan kualitas dan umur simpan produk, karena kadar air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan mikroba dan penurunan kualitas.
- 2.2.1.4 Total Abu: Total abu diukur melalui proses pembakaran pada suhu tinggi (550-600°C) untuk menghitung kandungan mineral yang tersisa setelah proses pembakaran sesuai SNI 01-2891-1992 point 6.1 (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Kandungan abu ini memberikan informasi mengenai jumlah mineral dalam tepung bulu ayam, yang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi tambahan bagi hewan ternak.
- 2.2.1.5 Total Lemak: Kandungan lemak diukur dengan metode ekstraksi pelarut organik, seperti eter atau heksana sesuai SNI 01-2891-1992 point 8.2 (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Setelah ekstraksi, pelarut diuapkan dan sisa lemak ditimbang untuk menentukan kandungan total lemak dalam sampel. Kandungan lemak yang rendah biasanya diharapkan pada tepung bulu ayam, karena lemak yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi pencernaan dan nilai gizi pakan.

2.2.2 Uji Organoleptik

Uji organoleptik bertujuan untuk menilai bau, warna, dan tekstur dari tepung bulu ayam yang dihasilkan dari berbagai metode pembuatan dengan acuan SNI 01-2891-1992 point 1 (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992). Evaluasi ini penting karena sifat fisik tepung bulu ayam dapat memengaruhi penerimaan pakan oleh hewan ternak (Mulia dkk. 2016).

2.2.2.1 Bau

Bau tepung bulu ayam diuji oleh panelis yang terlatih, di mana mereka menilai intensitas bau tepung yang dihasilkan. Bau yang menyengat atau tidak sedap bisa mengurangi penerimaan hewan ternak terhadap pakan. Bau tepung

dapat dipengaruhi oleh proses pengolahan, terutama jika menggunakan metode kimia atau enzimatis yang melibatkan bahan kimia atau enzim yang kuat.

2.2.2.2 Warna

Warna tepung diamati secara visual oleh panelis. Warna tepung yang dihasilkan dari bulu ayam biasanya bervariasi dari putih ke coklat tergantung pada metode pengolahan. Warna yang tidak sesuai atau tidak alami dapat menandakan kerusakan produk atau proses yang tidak sempurna.

2.2.2.3 Tekstur

Tekstur tepung dievaluasi dengan menyentuh dan merasakan konsistensi tepung. Tekstur yang halus diharapkan karena memudahkan proses pencampuran pakan dan mempengaruhi penerimaan oleh ternak. Tepung yang kasar atau menggumpal mungkin tidak diinginkan.

2.2.3 Uji Kecernaan Pepsin

Uji kecernaan pepsin digunakan untuk mengukur kemampuan tepung bulu ayam dicerna oleh enzim pepsin, yang terdapat dalam lambung hewan ternak. Metode ini memberikan informasi mengenai seberapa baik protein dalam tepung tersebut dapat diuraikan dan diserap oleh tubuh ternak (Primadona dkk. 2013).

2.2.3.1 Prosedur Uji

Sampel tepung bulu ayam ditimbang dan dicampur dengan larutan pepsin dalam pH tertentu (normalnya sekitar 1,5 hingga 2,0) yang menyerupai kondisi dalam lambung. Campuran ini diinkubasi pada suhu 37°C selama beberapa jam (normalnya sekitar 24 jam), dan kemudian dilakukan filtrasi untuk memisahkan protein yang tidak tercerna.

2.2.3.2 Analisis Hasil

Protein yang tersisa setelah inkubasi dihitung dan dibandingkan dengan protein awal untuk menentukan persentase kecernaan. Semakin tinggi kecernaan pepsin, semakin baik kualitas protein dalam tepung bulu ayam. Tepung yang diolah secara kimia dengan basa biasanya menunjukkan tingkat kecernaan yang lebih tinggi dibandingkan metode fisik atau kimia lainnya (Rahayu dkk. 2014).

2.2.4 Uji Keamanan Mikrobiologis

Uji keamanan mikrobiologis dilakukan untuk memastikan bahwa tepung bulu ayam bebas dari kontaminasi patogen berbahaya, khususnya *Salmonella* spp., yang dikenal sebagai bakteri patogen utama dalam produk pangan dan pakan. *Salmonella* spp. dapat menyebabkan infeksi serius pada ternak, seperti salmonellosis, yang berakibat pada penurunan kesehatan dan produktivitas ternak. Selain itu, kontaminasi ini juga berisiko bagi manusia jika produk ternak yang terkontaminasi dikonsumsi. Oleh karena itu, uji mikrobiologis ini dilakukan dengan metode Real-Time qPCR, yang memiliki sensitivitas tinggi dalam mendeteksi keberadaan patogen meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sampel tepung bulu ayam negatif terhadap *Salmonella* spp., memastikan bahwa tepung ini aman untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak tanpa risiko kontaminasi bakteri patogen (Farida dkk. 2023).

2.2.4.1 Metode Real Time qPCR

Teknik Real Time qPCR digunakan untuk mendeteksi keberadaan DNA spesifik dari *Salmonella* spp. dalam sampel tepung bulu ayam. Metode ini sangat sensitif dan spesifik, sehingga mampu mendeteksi bahkan jumlah kecil kontaminasi mikroba. Jika patogen terdeteksi, tepung bulu ayam dianggap tidak aman untuk digunakan sebagai pakan ternak dan memerlukan pengolahan lebih lanjut.

2.2.4.2 Prosedur Uji

Sampel tepung diambil secara aseptik dan diproses untuk ekstraksi DNA. DNA yang diekstraksi kemudian dianalisis menggunakan mesin qPCR, yang dapat memberikan hasil dalam waktu singkat. Jika tidak ditemukan *Salmonella* spp., produk dianggap aman untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak (Farida dkk. 2023).

2.3 Analisis Data

Dalam penelitian ini, analisis proksimat dilakukan dengan ANOVA (Analysis of Variance) untuk menentukan perbedaan signifikan antara kelompok perlakuan dalam pembuatan tepung bulu ayam. ANOVA membandingkan rata-rata dari lebih dari dua kelompok perlakuan, membantu untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut signifikan atau kebetulan (Sugiyono 2010). Jika ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan,

dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk perbandingan lebih spesifik antar kelompok pada taraf signifikansi 5%. DMRT adalah metode post-hoc untuk menentukan kelompok yang berbeda secara signifikan, penting untuk menilai efek metode pengolahan terhadap komponen proksimat seperti serat kasar, protein kasar, kadar air, total abu, total lemak, dan pencernaan pepsin dalam tepung bulu ayam (Hanafiah 2014).

Data hasil uji organoleptik yang mencakup bau, warna, dan tekstur tepung dianalisis secara deskriptif kualitatif. Analisis ini memberikan gambaran mendetail tentang karakteristik fisik tepung bulu ayam dari berbagai metode pengolahan. Penilaian organoleptik dilakukan oleh panelis terlatih yang mengevaluasi aspek visual dan sensoris produk. Analisis deskriptif digunakan karena sifat penilaian organoleptik yang subjektif, di mana penilai mendeskripsikan perbedaan bau, warna, dan tekstur tepung (Fitriana dkk. 2024a).

Penggunaan metode eksperimen dengan pengendalian variabel luar memastikan hasil mencerminkan pengaruh langsung metode pengolahan terhadap kualitas tepung bulu ayam. Variabel seperti suhu pengeringan, kelembaban, dan waktu pengolahan dikontrol ketat untuk meminimalkan bias, sehingga hasil penelitian lebih valid dan dapat diandalkan dalam menunjukkan pengaruh masing-masing teknik pengolahan fisik, kimiawi, enzimatik, dan kimia dengan basa pada kualitas tepung bulu ayam (Sugiyono 2010).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian laboratorium terhadap sampel tepung bulu ayam yang diolah menggunakan empat metode berbeda dilakukan dengan rata-rata hasil dari tiga pengulangan untuk setiap metode. Parameter yang dianalisis meliputi organoleptik, serat kasar, protein kasar, kadar air, total abu, dan total lemak. Selain itu, pencernaan pepsin dan keamanan mikrobiologis melalui uji *Salmonella* spp. juga diukur untuk memastikan kualitas dan keamanan produk. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata dari tiga pengulangan setiap sampel memenuhi sebagian besar standar kualitas yang diharapkan, meskipun terdapat variasi antar metode pengolahan (Fitriana dkk. 2024a).

Data hasil rata-rata pengujian ini ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil laboratorium uji tepung bulu ayam

Jenis uji	Tepung A	Tepung B	Tepung C	Tepung D
Organoleptik:				
Bau	Normal	Normal	Normal	Normal
Warna	Coklat	Coklat	Coklat	Coklat
Tekstur	Bubuk	Bubuk	Bubuk	Bubuk
Serat Kasar (%)	2,93±0,15 ^a	2,83±0,12 ^a	3,93±0,35 ^c	3,28±0,11 ^b
Protein Kasar (%)	45,50±1,00 ^b	42,30±1,44 ^a	46,50±0,76 ^b	50,10±0,11 ^c
Kadar Air (%)	20,20±0,29 ^b	21,50±0,40 ^c	21,90±0,15 ^c	19,10±0,10 ^a
Total Abu (%)	27,30±0,15 ^b	26,10±0,10 ^a	26,10±0,15 ^a	26,20±0,15 ^a
Total Lemak (%)	2,84±0,10 ^a	3,84±0,10 ^b	3,92±0,58 ^b	2,83±0,58 ^a
Salmonella spp.	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Kecernaan Pepsin (%)	70,30±0,32 ^b	68,30±0,32 ^a	74,10±0,64 ^c	73,50±0,15 ^d

Keterangan : Tepung A hasil dari pengolahan fisik (P1), Tepung B hasil dari pengolahan kimia dengan HCl 12% (P2), Tepung C hasil dari pengolahan enzimatis dengan enzim proteolitik 0,4% (P3), dan Tepung D hasil dari pengolahan kimia dengan NaOH 6% (P4), Perlakuan *superscript* yang sama artinya tidak berbeda secara signifikan, perlakuan *superscript* yang berbeda artinya terdapat perbedaan yang signifikan.

3.1. Uji Organoleptik

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa semua sampel tepung bulu ayam memiliki bau yang normal, yang berarti tidak ada perubahan signifikan dalam aroma tepung akibat perbedaan metode pengolahan. Bau yang tetap normal ini menunjukkan bahwa berbagai teknik pengolahan, baik fisik, kimiawi, enzimatis, maupun kimia dengan basa, tidak menyebabkan degradasi atau kerusakan protein yang bisa menghasilkan bau tidak sedap. Hal ini memastikan kualitas produk dalam hal aroma tetap terjaga dan tidak mengurangi daya terima konsumen terhadap produk (Puastuti dkk. 2004).

Dari segi warna, semua sampel tepung bulu ayam menunjukkan warna coklat yang seragam. Warna coklat ini dihasilkan dari proses pemanasan yang dilakukan selama pengolahan. Proses pemanasan pada suhu tinggi menyebabkan reaksi kimia seperti reaksi Maillard dan oksidasi yang menyebabkan perubahan warna. Penggunaan bahan kimia seperti HCl (asam klorida) dan NaOH (natrium hidroksida) dalam metode kimiawi juga dapat mempengaruhi perubahan warna, tetapi hasil akhir tetap seragam pada semua sampel. Warna coklat yang seragam ini menunjukkan bahwa metode pengolahan berbeda

tidak mengakibatkan variasi visual yang signifikan dalam produk akhir (Afriani and Hasan 2020).

Dari aspek tekstur, semua sampel tepung menunjukkan hasil yang konsisten dalam hal bentuk bubuk. Ini menunjukkan bahwa proses penggilingan, baik setelah perlakuan fisik, kimiawi, atau enzimatik, berhasil menghasilkan partikel dengan ukuran yang konsisten. Tekstur yang seragam dan berbentuk bubuk menandakan bahwa tepung yang dihasilkan memiliki kualitas fisik yang baik dan siap digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi pangan atau pakan ternak (Puastuti dkk. 2004).

3.2. Uji Proksimat

Uji Proksimat meliputi sebagai berikut:

3.2.1 Serat Kasar

Tepung C memiliki kandungan serat kasar tertinggi, yaitu 3,93%. Hal ini mungkin disebabkan oleh proses pengolahan enzimatik yang tidak sepenuhnya memecah serat keras dalam bulu ayam, sehingga serat kasar tetap ada dalam jumlah yang signifikan. Sebaliknya, Tepung B memiliki kandungan serat kasar terendah, yaitu 2,83%. Kandungan serat yang lebih rendah ini kemungkinan besar diakibatkan oleh penggunaan HCl dalam metode kimiawi, yang efektif dalam memecah serat kasar dan mengurangi komponen serat dalam produk akhir (Sayuti dkk. 2022).

3.2.2 Protein Kasar

Tepung D menunjukkan kandungan protein kasar tertinggi sebesar 50,1%, menandakan bahwa metode pengolahan kimia dengan basa efektif dalam mempertahankan dan meningkatkan kandungan protein. Proses kimia dengan basa ini mampu memecah keratin pada bulu ayam dengan baik, menghasilkan tepung dengan kandungan protein yang tinggi. Tepung C, meskipun lebih rendah, tetap menunjukkan kandungan protein yang signifikan sebesar 46,5%, yang juga menunjukkan keberhasilan metode enzimatik dalam memecah keratin dan mengoptimalkan protein (Ispitasari and Haryanti 2022).

3.2.3 Kadar Air

Tepung D memiliki kadar air terendah, yaitu 19,1%, yang mengindikasikan bahwa proses pengeringan setelah perlakuan dengan basa sangat efektif dalam mengurangi kadar air. Pengurangan kadar air yang optimal penting untuk memastikan bahwa tepung memiliki stabilitas yang baik dan umur simpan yang lebih lama. Sebaliknya, Tepung C memiliki kadar air tertinggi sebesar 21,9%, yang dapat berpotensi mempengaruhi umur simpan produk jika tidak disimpan dalam kondisi yang tepat (Zaenuri dkk. 2014).

3.2.4 Total Abu

Kandungan total abu di semua sampel hampir seragam, dengan perbedaan yang tidak signifikan antar kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengolahan yang digunakan, baik secara fisik, kimia, maupun enzimatis, tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kandungan abu dalam tepung bulu ayam. Kandungan abu yang relatif stabil mengindikasikan bahwa tidak ada komponen mineral yang hilang secara signifikan selama proses pengolahan (Sayuti dkk. 2022).

3.2.5 Total Lemak

Tepung C menunjukkan kandungan total lemak tertinggi, yaitu 3,92%, yang menunjukkan bahwa metode pengolahan enzimatis mungkin mempengaruhi distribusi lemak dalam tepung. Enzim yang digunakan dalam proses ini bisa membantu dalam pelepasan lemak dari matriks keratin pada bulu ayam. Sebaliknya, tepung dari metode lainnya, termasuk metode kimiawi, menunjukkan kandungan lemak yang lebih rendah, yang mungkin disebabkan oleh proses kimia yang lebih efektif dalam menghilangkan komponen lemak selama pemrosesan (Zaenuri dkk. 2014).

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa tiap metode pengolahan memberikan hasil yang berbeda tergantung pada komponen yang dianalisis, dengan metode kimiawi menggunakan basa menunjukkan hasil yang paling optimal untuk kandungan protein dan kadar air, sementara metode enzimatis menghasilkan tepung dengan kandungan lemak yang lebih tinggi (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992).

3.3. Uji *Salmonella* spp

Hasil uji *Salmonella* spp pada semua sampel menunjukkan hasil negatif, menandakan bahwa semua metode pengolahan tepung bulu ayam, baik secara fisik, kimia, enzimatis, maupun kimia dengan basa, efektif dalam menghilangkan kontaminasi patogen. Hal ini membuktikan bahwa tepung bulu ayam yang dihasilkan aman dikonsumsi, bebas dari patogen yang berpotensi menyebabkan penyakit (Farida dkk. 2023). Metode Real Time qPCR yang digunakan dalam uji ini memastikan deteksi yang cepat dan akurat, mengonfirmasi bahwa tepung tersebut memenuhi standar keamanan pangan (Badan Standardisasi Nasional (BSN) 1992).

3.4. Uji Kecernaan Pepsin

Uji kecernaan protein dilakukan dengan metode pepsin, yang bertujuan untuk menilai seberapa mudah protein dalam tepung bulu ayam dicerna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Tepung C yang diolah dengan metode kimia dengan basa memiliki tingkat kecernaan pepsin tertinggi, yaitu 74,1%. Ini menunjukkan bahwa protein dalam tepung C lebih mudah dicerna, sehingga dapat memberikan manfaat lebih besar sebagai sumber protein (Primadona dkk. 2013).

Tepung D, yang diolah secara kimia dengan basa kuat, juga menunjukkan tingkat kecernaan yang tinggi, yaitu 73,5%. Kedua metode ini tampaknya lebih efektif dalam memecah keratin dalam bulu ayam, menjadikan protein lebih mudah dicerna. Sebaliknya, Tepung A (diolah secara fisik) dan Tepung B (diolah secara kimiawi dengan bahan kimia lemah) memiliki tingkat kecernaan pepsin yang lebih rendah, masing-masing 70,3% dan 68,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa protein dalam tepung yang diolah dengan kedua metode ini mungkin lebih sulit dicerna, mengindikasikan bahwa metode pengolahan yang melibatkan reaksi kimia yang lebih kuat cenderung lebih efektif dalam meningkatkan kecernaan protein (Rahayu dkk. 2014).

3.5. Analisis Statistik

Analisis Statistik Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) dalam kandungan serat kasar, protein kasar, kadar air, total abu, total lemak, dan kecernaan pepsin antara berbagai metode pengolahan

tepung bulu ayam yang diuji. Meskipun terdapat variasi kecil dalam hasil proksimat setiap sampel, perbedaan tersebut tidak cukup besar untuk dianggap signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa keempat metode pengolahan menghasilkan tepung bulu ayam dengan komposisi nutrisi yang relatif serupa dalam hal parameter tersebut. Dengan kata lain, metode pengolahan yang berbeda tidak memberikan dampak yang drastis terhadap kandungan protein, serat, kadar air, maupun pencernaan protein yang diukur melalui uji pepsin.

Tabel 2. Nilai signifikansi pengujian ANOVA

	Serat Kasar	Protein Kasar	Kadar Air	Total Abu	Total Lemak	Kecernaan Pepsin
Sig.	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Untuk mengevaluasi perbedaan spesifik antara kelompok perlakuan, digunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf uji 5%. Hasil analisis DMRT menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam parameter kualitas tepung bulu ayam yang diolah dengan berbagai metode. Kandungan serat kasar tepung A dan B menunjukkan hasil yang sama, tetapi berbeda dari tepung C dan D. Untuk kandungan protein kasar, tepung A dan C memiliki nilai yang setara, sedangkan tepung B dan D menunjukkan perbedaan signifikan. Kadar air tepung B dan C juga sama, sementara tepung A dan D berbeda satu sama lain. Dari segi total abu, tepung B, C, dan D memiliki kandungan yang sama, sedangkan tepung A berbeda. Untuk total lemak, tepung A dan D menunjukkan hasil yang sama, sedangkan tepung B dan C juga setara. Dalam hal pencernaan pepsin, tepung C dan D memiliki nilai yang sama, tetapi berbeda dari tepung A dan B. Hasil ini mengindikasikan bahwa masing-masing metode pengolahan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kualitas tepung bulu ayam yang dihasilkan (Hanafiah 2014).

Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan metode pengolahan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan kualitas tepung bulu ayam, terutama dalam hal kandungan protein dan pencernaan pepsin, yang merupakan indikator utama dari efektivitas pengolahan (Sugiyono 2010).

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah bulu ayam menjadi tepung berprotein tinggi dapat dilakukan melalui berbagai metode, dengan hasil yang bervariasi. Metode kimia dengan basa terbukti paling efektif, menghasilkan tepung dengan kandungan protein tertinggi, yaitu 50,1%, dan pencernaan pepsin yang sangat baik. Penggunaan basa seperti NaOH efisien dalam memecah keratin, sehingga protein lebih terjaga dan mudah dicerna. Metode enzimatik juga memberikan hasil baik, dengan kandungan protein 46,5% dan tingkat pencernaan pepsin yang lebih tinggi dibanding beberapa metode lainnya. Meskipun tidak seefisien metode kimia dengan basa, metode ini meningkatkan kualitas nutrisi tepung dengan penggunaan enzim proteolitik.

Pengolahan limbah bulu ayam ini tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi, tetapi juga mengurangi limbah organik industri unggas. Tepung bulu ayam yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak yang kaya protein, membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam optimalisasi pengolahan limbah ini.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud Ristekdikti) atas dukungan pendanaan Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun 2024. Dukungan ini sangat penting dalam semua tahap penelitian kami, mulai dari perencanaan hingga analisis hasil. Tanpa bantuan ini, pencapaian hasil penelitian yang optimal dan kontribusi berarti dalam bidang keilmuan akan sulit. Pendanaan ini juga memotivasi tim peneliti untuk terus berinovasi dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi masyarakat, khususnya dalam meningkatkan kualitas kehidupan.

Daftar Pustaka

- Afriani, D. T., and Hasan, U. 2020. Analisis Proksimat Pakan Buatan dengan Penambahan Hidrolisat Tepung Bulu Ayam sebagai Sumber Protein Alternatif Bagi Ikan Nila (*Oreochromis sp.*). *EKSAKTA: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA* 5(2): 186–190.
- Andriani, Y., Pratama, R. I., and Hanidah, I. I. 2024. A Review on Chicken Feather Flour Potential for Fish Feed. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science* 7(2): 171–180. DOI: 10.35911/torani.v7i2.34396
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1992. *Cara uji makanan dan minuman (SNI 01-2891-1992)*. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.

- Farida, I., Febrianti, D., and Mahaputra, I. G. I. A. D. 2023. Pengujian Kandungan Bakteri Salmonella sp. pada Ikan Tuna (Thunnus sp.) Menggunakan Metode Real-time PCR (Polymerase Chain Reaction). *Marinade* 6(1): 40–46. DOI: 10.31629/marinade.v6i01.5110
- Fitriana, W. D., Bakri, B., Masrur, M., Qomariana, A., and Anugrah, C. S. 2024a. Pembuatan Pakan Ikan dengan Probiotik sebagai Pakan Alternatif Berstandar SNI. *Journal of Fisheries and Marine Research* 8(1): 1–7.
- Fitriana, W. D., Bakri, Masrur, M., Qomariana, A., and Anugrah, C. S. 2024b. Effect of probiotics addition on artificial feed for catfish growth. *Proceeding International Seminar of Science and Technology* 3: 151–156. DOI: 10.33830/isst.v3i1.2303
- Hanafiah, A. K. 2014. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Rajawali Pers, Jakarta.
- Ispitasari, R., and Haryanti. 2022. Pengaruh Waktu Destilasi terhadap Ketepatan Uji Protein Kasar pada Metode Kjeldahl dalam Bahan Pakan Ternak Berprotein Tinggi. *Indonesian Journal of Laboratory* 5(1): 39–43. DOI: 10.22146/ijl.v0i0.73468
- Kementerian Pertanian Indonesia. 2022. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan*. Kementerian Pertanian Indonesia, Jakarta.
- Lamiyah, Istyadi, M., and Hafizah, E. 2022. Pengaruh Pemberian Pakan Ternak Bersumber Protein Hewani dan Protein Nabati Terhadap Pertumbuhan Itik Peking. *JUSTER : Jurnal Sains dan Terapan* 1(3): 72–77. DOI: 10.57218/juster.v1i3.360
- Mulia, D. S., Nartanti, Y., Maryanto, H., and Purbomartono, C. 2014. Fermentasi Tepung Bulu Ayam dengan Bacillus Licheniformis B2560 Untuk Meningkatkan Kualitas Bahan Baku Pakanikan. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* 11(1): 234–240.
- Mulia, D. S., Yuliningsih, R. T., Maryanto, H., and Purbomartono, C. 2016. Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Menjadi Bahan Pakan Ikan dengan Fermentasi Bacillus subtilis (Utilization of Waste Chicken Feather to Fish Feed Ingredients Material with Fermentation of Bacillus subtilis). *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 23(1): 49. DOI: 10.22146/jml.18773
- Primadona, F., Wardoyo, S. E., and Hasan, O. D. S. 2013. Kecernaan Protein Biji Kapuk (Ceiba petandra G) Secara In Vitro untuk Pakan Ikan. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa* 3(2): 112–128. DOI: 10.31938/jsn.v3i2.61
- Puastuti, W. 2007. Teknologi Pemrosesan Bulu Ayam dan Pemanfaatannya Sebagai Sumber Protein Pakan Ruminansia. *Wartazoa* 17(2): 53–60.
- Puastuti, W., Yulistiani, D., and Mathius, I.-W. 2004. Nilai Biologis (In Vitro dan In Sacco) Bulu Ayam yang Diolah secara Kimiawi sebagai Sumber Protein By-Pass Rumen. *Jitv* 9(2): 73–81.
- Rahayu, S., Bata, M., and Hadi, W. 2014. Substitusi Konsentrat Protein Menggunakan Tepung Bulu Ayam yang Diolah Secara Fisiko-Kimia dan Fermentasi Menggunakan Bacillus sp. Mts. *Jurnal Agripet* 14(1): 31–36. DOI: 10.17969/agripet.v14i1.1202
- Sayuti, M., Dewi, L. R., and Sofian, A. 2022. Karakteristik Fisiko-Kimia Dan Proses Produksi Pakan Apung Ikan Lele (Clarias sp.). *Pelagicus* 3(1): 17. DOI: 10.15578/plgc.v3i1.10485
- Siregar, N., Rasyidah, and Mayasari, U. 2024. Penggunaan Bakteri Bacillus subtilis pada Limbah Bulu Ayam Potong sebagai Bahan Pakan Ternak Ikan Lele (Clarias gariepinus). 6(1): 648–660.
- Sugiyono. 2010. *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Zaenuri, R., Suharto, B., and Haji, A. T. S. 2014. Kualitas Pakan Ikan Berbentuk Pelet Dari Limbah Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan* 1(1): 31–36.