

**KARAKTERISTIK TEPUNG TULANG IKAN TONGKOL (*Euthynnus affinis*)
YANG DIPRODUKSI DENGAN METODE HIDROLISIS TEKANAN**

*CHARACTERISTICS OF THE MACKEREL TUNA BONE FLOUR (*Euthynnus affinis*)
PRODUCED BY PRESSURE HYDROLYSIS METHOD*

Eko Cahyono^{*1}, Novalina Maya Sari Ansar¹, Wendy Alexander Tanod¹, Yana Sambeka¹, Yosephina Margaretha Jawa Batafor², Laode Muhamad Hazairin Nadia³

¹Program Studi Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kebaharian, Politeknik Negeri Nusa Utara, Jalan Kesehatan No 1 Tahuna, Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara

²Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi, Institut Keguruan dan Teknologi Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur

³Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo, Jalan H.E.A Mokodompit, Kendari, Sulawesi Tenggara.

Teregistrasi I tanggal: 11 Agustus 2023; Diterima setelah perbaikan tanggal: 28 September 2023; Disetujui terbit tanggal: 30 September 2023

ABSTRAK

Tulang ikan merupakan hasil samping atau limbah dari proses pengolahan ikan, baik dalam skala kecil maupun besar. Banyak upaya dilakukan untuk memanfaatkan tulang tersebut dengan mengubahnya menjadi tepung tulang. Penggunaan metode hidrolisis tekanan dalam produksi tepung tulang ikan dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui mutu tepung tulang ikan tongkol dengan menggunakan metode hidrolisis tekanan. Data yang diperoleh kemudian dibahas secara deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hidrolisis tekanan efektif dalam memproduksi tepung tulang ikan tongkol. Rendemen tertinggi tepung tulang ikan tongkol diperoleh pada perlakuan TT2 dengan waktu pemanasan selama 2 jam. Tepung tulang yang dihasilkan memiliki kadar air berkisar antara 6,58% hingga 8,76%, kadar abu berkisar antara 96,86% hingga 98,82%, dan nilai organoleptik seperti bau, tekstur, dan warna dapat diterima oleh panelis. Selama penyimpanan selama 3 hari pada suhu ruang, terdapat pertumbuhan jamur *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus penicillium* dalam rentang $1,25 \times 10^2$ hingga $1,45 \times 10^2$ koloni per gram dan memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata kunci: *Euthynnus affinis*, hidrolisis tekanan, tepung tulang

ABSTRACT

Fish bones are a by-product or waste from fish processing, both on a small and large scale. Many efforts have been made to utilize these bones by converting them into bone meal. The use of the pressure hydrolysis method in the production of fish bone meal can produce high-quality products. This study aimed to determine the quality of the mackerel tuna bone meal using the pressure hydrolysis method. The data obtained were then discussed descriptively and qualitatively. The results showed that the pressure hydrolysis method effectively produced mackerel tuna bone meal. The highest yield of mackerel tuna bone meal was obtained in the TT2 treatment with a heating time of 2 hours. The bone meal produced had moisture content ranging from 6.58% to 8.76%, ash content ranging from 96.86% to 98.82%, and organoleptic values such as odor, texture, and color were acceptable to the panelists. During storage for 3 days at room temperature, there was mold

Korespondensi penulis:

*Email: ekocahyono878@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/plgc.v4i3.13169>

growth of Aspergillus flavus and Aspergillus penicillium in the range of 1.25×10^2 to 1.45×10^2 colonies per gram and met the minimum standards set by the Indonesian National Standard (SNI).

Keywords: Euthynnus affinis, pressure hydrolysis, bone flour

PENDAHULUAN

Sumber daya perikanan merupakan kebutuhan manusia yang penting karena nilai ekonomisnya, kandungan gizinya yang tinggi, serta berperan dalam pertumbuhan dan kesehatan. Ikan dan produk makanan laut lainnya memberikan nutrisi penting bagi lebih dari tiga miliar orang di seluruh dunia dan memberikan pendapatan bagi 10 hingga 12 persen populasi dunia. Giyatmi & Irianto (2017) menjelaskan bahwa produk perikanan sangat mudah rusak karena komposisi biologisnya, kadar air yang tinggi, dan kerentanan terhadap kerusakan pasca tangkap. Oleh karena itu, diperlukan penanganan dan pengolahan yang baik untuk mengatasi masalah ini. Untuk menghindari pembusukan produk perikanan yang berlebihan, perlu dikembangkan berbagai metode penanganan dan pengawetan yang sesuai. Kontominas *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa penanganan pasca tangkap dapat memastikan produk ikan tetap segar dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa mengubah karakteristiknya yang dapat dirasakan melalui indera. Salah satu cara untuk memanfaatkan sumber daya perikanan adalah dengan menggunakan limbah yang dihasilkan selama proses pengolahan.

Limbah perikanan merupakan hasil dari ikan yang terbuang, tersebar, dan sisa olahan yang tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah yang timbul dari proses pengolahan ikan meliputi limbah padat dan limbah cair yang mengandung komponen organik dan nutrisi (Dubey *et al.*, 2021). Menurut Coppola *et al.*, (2021) dalam industri perikanan, limbah utama meliputi kepala, isi perut, sirip, tulang, dan bagian lain yang biasanya dihasilkan selama pembuatan filet ikan. Tulang ikan merupakan salah satu limbah dari industri

perikanan yang belum dimanfaatkan dengan baik. Tulang ikan mengandung sel-sel hidup dan matrik intraseluler dalam bentuk garam mineral. Menurut Amaral Corrêa & França Holanda (2019) tulang ikan kaya akan garam mineral, terdiri dari 80% kalsium fosfat dan sisanya sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat dan magnesium fosfat. Berdasarkan hasil penelitian tulang ikan tongkol mengandung kalsium 31,36% (Astuti *et al.*, 2014), trikalsium fosfat atau hidroksiapatit berkisar antara 57–80%, kalsium karbonat sekitar 6–10%, kandungan karbon mencapai 7–10% (Luque *et al.*, 2019), air 56,40%, abu 11,40%, protein 17,50%, dan lemak 12,50% (Istiqlaal, 2017). Hal ini menjadikan tulang ikan tongkol sebagai sumber potensial kalsium karbonat berbiaya rendah untuk sintesis biokeramik kalsium fosfat. Menurut Kot *et al.*, (2021) tulang juga digunakan untuk menampung mineral lainnya (kalsium dan phosphor). Tulang ikan dapat dimanfaatkan untuk dijadikan tepung tulang dengan memanfaatkan metode hidrolisis bertekanan.

Metode hidrolisis bertekanan melibatkan penggunaan aliran uap dan tekanan di atas tekanan atmosfer dalam rangkaian berulang. Ketika sumber panas diaktifkan, air dalam autoklaf secara bertahap akan mulai mendidih (Cahyono *et al.*, 2014). Metode hidrolisis bertekanan merupakan teknologi inovatif yang dapat digunakan untuk menghidrolisis tulang ikan menggunakan kombinasi uap panas dan tekanan sehingga tulang menjadi lunak (Usman *et al.*, 2022). Pada penelitian (Dong *et al.*, 2021) ekstraksi tulang ikan mas dengan menggunakan metode hidrolisis bertekanan enzimatis untuk menghasilkan tepung ikan berprotein tinggi sedangkan penelitian (Guo *et al.*,

2022) ekstraksi tulang ikan makarel dengan menggunakan autoklaf bertujuan untuk menghilangkan lemak dan protein yang masih menempel. Dalam dua penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan tulang ikan yang memiliki karakteristik kecil dan tipis sebagai bahan uji, dan menerapkan metode hidrolisis bertekanan kombinasi. Namun, dalam penelitian ini, metodenya berbeda karena menggunakan metode hidrolisis bertekanan tunggal. Selain itu, sampel tulang ikan yang digunakan berasal dari tulang ikan tongkol yang lebih tebal dan keras. Tujuan dari penggunaan metode dan sampel yang berbeda ini adalah untuk menghasilkan tepung tulang ikan dengan kualitas yang lebih tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada Laboratorium Penanganan dan Mikrobiologi Jurusan Perikanan dan Kebaharian Politeknik Negeri Nusa Utara. Bahan yang digunakan pada penelitian adalah tulang ikan tongkol dan aluminium foil sedangkan alat-alat yang digunakan pada penelitian meliputi autoklaf, pisau, kompor, belanga perebusan, tirsan, sudip, oven pengering, cawan porselin, desikator, timbangan analitik, tanur listrik, dan blender.

Tahapan Penelitian

Sampel tulang ikan tongkol yang diperoleh dari pasar tersebut dibersihkan

secara menyeluruh dengan menggunakan air mengalir. Selanjutnya, sampel dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam untuk menghilangkan kontaminan potensial. Proses selanjutnya pemotongan sampel menjadi ukuran sekitar 2-3 cm, diikuti dengan penimbangan sebanyak 100 gram untuk setiap perlakuan. Ekstraksi melalui hidrolisis dengan penerapan tekanan sebesar 0,1 MPa pada suhu 121 °C, dengan durasi waktu berbeda untuk masing-masing perlakuan, yaitu 1 jam (TT1), 2 jam (TT2), dan 3 jam (TT3). Setelah proses hidrolisis, sampel kemudian dimasukkan ke dalam heating and drying oven pada suhu 105 °C selama 80 menit. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan lemak dalam sampel tulang ikan. Selanjutnya, dilakukan proses penepungan menggunakan blender dengan ayakan 100 mesh guna menghasilkan tepung tulang yang memiliki tekstur halus dan homogen.

Peubah yang Diamati

Rendemen Tepung Tulang

Rendemen merupakan perhitungan presentasi produk yang dihasilkan. Metode penghitungan rendemen tepung tulang ikan mengacu pada (Atanda et al., 2021) dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rendemen(\%)} = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \dots\dots(1)$$

Kadar Air Metode Oven

Tahapan analisis kadar air tepung tulang ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) mengacu pada (SNI, 2354.2:2015) sebagai berikut : Nyalakan oven kemudian kondisikan oven pada suhu 105°C hingga suhunya stabil. Cawan kosong dimasukkan ke dalam oven minimal 2 jam. Setelah 2 jam pindahkan

cawan kosong ke dalam desikator selama ± 30 menit sampai mencapai suhu ruang dan timbang bobot cawan kosong (A). Timbang sampel uji yang telah dipreparasi sebanyak ±2 gram ke dalam cawan (B) masing-masing sampel uji diulang 2 kali (duplo). Masukkan cawan yang telah diisi dengan sampel uji ke dalam oven pada suhu 105 °C. Timbang

setelah 24 jam, sampai berat konstan. Setiap penimbangan dimasukkan dalam desikator tunggu 30 menit, lalu cawan dipindahkan dengan menggunakan alat

penjepit ke dalam desikator selama ±30 menit kemudian ditimbang (C). Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Keterangan :

A : Berat cawan kosong (gram)

B : Berat cawan + Berat sampel (gram)

C : Berat cawan + Berat Sampel setelah di Oven (gram)

Analisis Kadar Abu

Prosedur penentuan kadar abu mengacu pada AOAC (2005), sebagai berikut: siapkan cawan pengabuan, kemudian dibakar dalam tanur, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sampel ditimbang sebanyak 2

gram dalam cawan tersebut kemudian letakkan dalam tanur pengabuan, bakar sampai didapat abu berwarna abu-abu atau sampai beratnya tetap. Pengabuan pada suhu 400 - 600 °C selama 8 jam. Bahan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Kadar Abu ditentukan dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat Abu (gram)}}{\text{Berat Sampel (gram)}} \times 100\% \dots\dots(3)$$

Uji Organoleptik

Pengujian Organoleptik modifikasi (SNI, 01-2345-1991) dilakukan dengan mengamati parameter bau, warna, tekstur dari produk tepung tulang ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). Panelis yang digunakan adalah panelis tidak terlatih yang terdiri dari mahasiswa Politeknik Negeri Nusa Utara berjumlah 50 orang. Skala penilaian yang diberikan adalah 1 sampai dengan 5. Nilai 1 menunjukkan penilaian terendah dan nilai 5 menunjukkan penilaian tertinggi. Skala penilaian berlaku untuk semua parameter uji organoleptik.

dihaluskan dimasukkan ke dalam larutan NaCl 0,9% sebanyak 90 mL dan dihomogenkan. Suspensi yang terbentuk memiliki tingkat pengenceran 10^{-1} . Dengan menggunakan pipet steril, ambil sejumlah suspensi dari langkah sebelumnya dan masukkan ke dalam larutan NaCl 0,9% steril sebanyak 9 mL. Homogenkan suspensi tersebut dengan mengocok tabung. Suspensi yang terbentuk memiliki tingkat pengenceran 10^{-2} . Proses pengenceran seperti ini dilanjutkan hingga mencapai pengenceran 10^{-4} untuk setiap sampel. Dari setiap tingkat pengenceran, ambil sejumlah 1 mL suspensi dan masukkan ke dalam dua cawan petri yang telah diberi label jenis sampel dan tingkat pengenceran. Tuangkan media biakan PDA (*Potato Dextrose Agar*) sebanyak 15-18 mL ke dalam kedua cawan petri yang berisi 1 mL suspensi. Kemudian, putar cawan petri ke kiri, kanan, depan, dan belakang agar media biakan merata, dan biarkan mengeras. Seluruh cawan petri disimpan pada suhu ruang selama 3

Pengujian Jamur

Total Jamur Metode Tuang (*Pour Plate Method*) modifikasi (Ijong, 2015) dalam pengujian ini, ada beberapa modifikasi yang dilakukan dari berat sampel menjadi 10 g. Metode pengujian jamur sejumlah 10 g sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah steril kemudian sampel dihaluskan. Secara aseptik, selanjutnya sampel yang telah

hari dengan posisi terbalik. Setelah masa inkubasi berakhir, hitung jumlah koloni yang terbentuk pada cawan petri. Total jumlah jamur adalah jumlah koloni yang tumbuh pada media biakan PDA. Jumlah koloni jamur yang terhitung pada cawan petri harus berada dalam kisaran antara 10 hingga 150 koloni. Kemudian, jumlah tersebut dikalikan dengan faktor pengenceran untuk mendapatkan jumlah total jamur. Cara perhitungan total jamur adalah: Jumlah jamur pada cawan petri dikalikan dengan 1/faktor pengenceran.

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dengan membandingkan perbedaan masing-masing perlakuan sesuai dengan parameter pengujian. Data

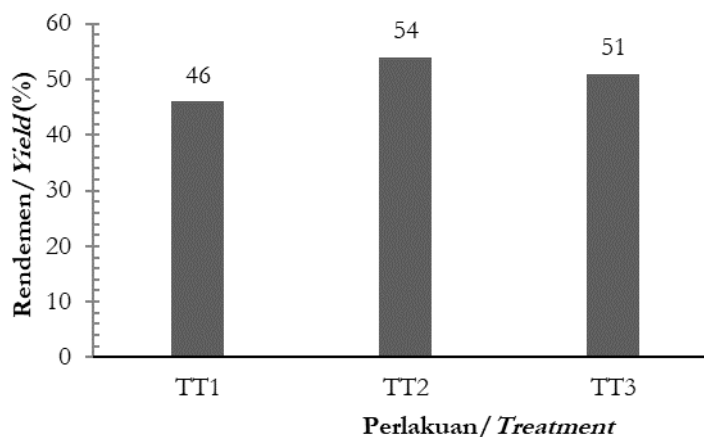
ditampilkan dalam bentuk histogram dan dibahas secara deskriptif serta dibandingkan dengan data-data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah, buku, dan tulisan ilmiah dan lainnya.

HASIL DAN BAHASAN

HASIL

Rendemen Tepung Tulang

Rendemen adalah persentase produk yang dihasilkan setelah melalui proses pengolahan. Secara umum, rendemen tepung tulang ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) memiliki nilai rata-rata pada TT1 sebesar (46%), TT2 sebesar (54%) dan TT3 sebesar (51%). Nilai rata-rata rendemen tepung tulang ikan disajikan pada Gambar 1.



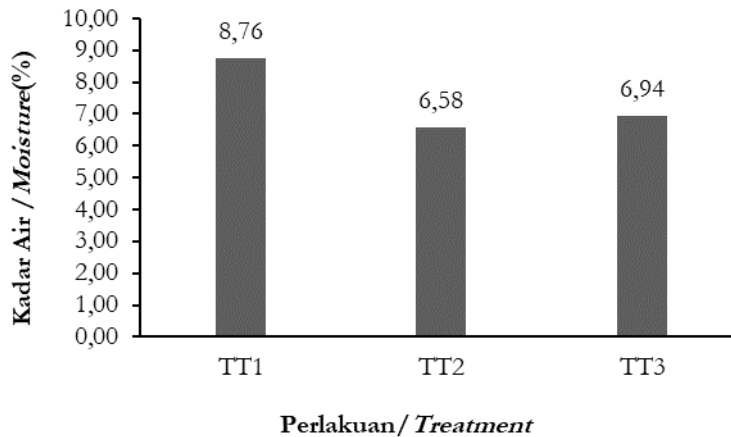
Gambar 1. Rendemen tepung tulang ikan tongkol. (TT1: tepung tulang ikan dengan pemanasan 1 jam, TT2: tepung tulang ikan dengan pemanasan 2 jam, TT3: tepung tulang ikan dengan pemanasan 3 jam).

Figure 1. Yield of tongkol bone meal. (TT1: fish bone meal with 1 hour heating, TT2: fish bone meal with 2 hours heating, TT3: fish bone meal with 3 hours heating).

Kadar Air

Kandungan air adalah faktor yang kritis dalam mengevaluasi kualitas tepung. Semakin rendah kandungan air, semakin baik kualitas tepung tersebut dianggap. Kandungan air juga memengaruhi masa simpan produk secara signifikan. Tepung tulang ikan Tongkol

(*Euthynnus affinis*) yang dihasilkan memiliki kadar air yang berbeda, yaitu sampel TT1 dengan kadar air sebesar (8,76%), sampel TT2 dengan kadar air sebesar (6,58%), dan sampel TT3 dengan kadar air sebesar (6,94%). Hasil pengujian kadar air disajikan pada Gambar 2.



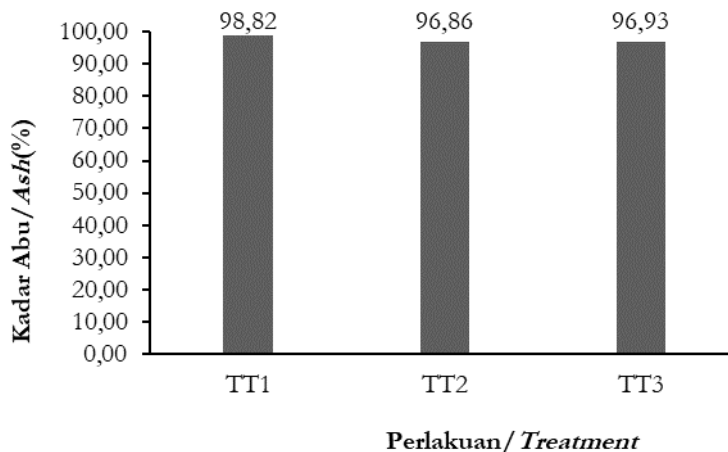
Gambar 2. Kadar air tepung tulang ikan tongkol. (TT1 : tepung tulang ikan dengan pemanasan 1 jam, TT2 : tepung tulang ikan dengan pemanasan 2 jam, TT3 : tepung tulang ikan dengan pemanasan 3 jam).

Figure 2. Moisture content of tongkol bone meal. (TT1: fish bone meal with 1 hour heating, TT2: fish bone meal with 2 hours heating, TT3: fish bone meal with 3 hours heating).

Kadar Abu Tepung Tulang

Kandungan abu dalam tepung tulang ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) yang dihasilkan bervariasi antara sampel

TT1 sebesar (98,82%), sampel TT2 sebesar (96,86%), dan sampel TT3 sebesar (96,93%). Hasil pengujian kadar abu disajikan pada Gambar 3.



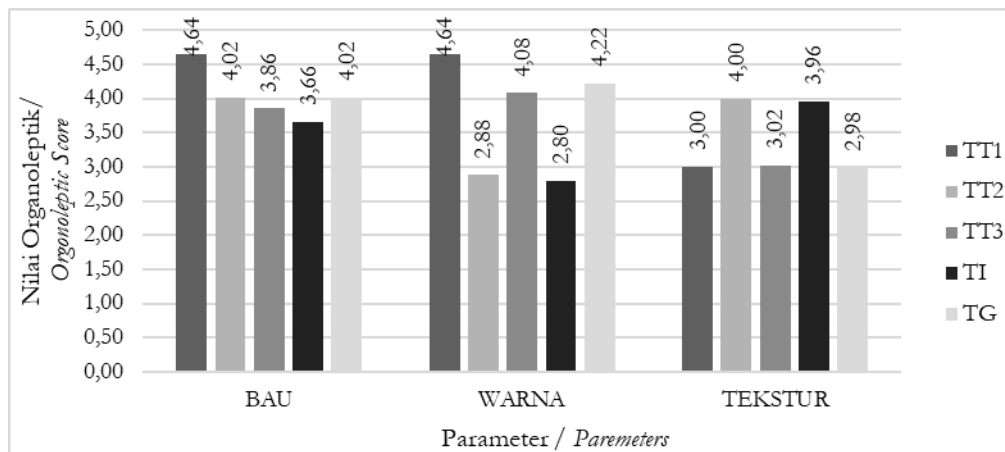
Gambar 3. Kadar abu tepung tulang tongkol. (TT1: tepung tulang ikan dengan pemanasan 1 jam, TT2: tepung tulang ikan dengan pemanasan 2 jam, TT3: tepung tulang ikan dengan pemanasan 3 jam).

Figure 3. Ash content of tongkol bone meal. (TT1: fish bone meal with 1 hour heating, TT2: fish bone meal with 2 hours heating, TT3: fish bone meal with 3 hours heating).

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan pada tepung tulang ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) menggunakan panelis manusia untuk mengamati parameter bau, warna, dan tekstur. Uji hedonik ini bertujuan untuk menilai tingkat kesukaan panelis terhadap produk tepung tulang ikan

Tongkol (*Euthynnus affinis*). Sebagai pembandingan, juga digunakan tepung ikan dan tepung terigu. Hasil rata-rata menunjukkan bahwa panelis secara organoleptik menerima produk tepung tulang ikan tongkol dengan baik. Histogram nilai organoleptik tepung tulang ikan tongkol disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penilaian organoleptik tepung tulang ikan tongkol dibandingkan dengan tepung terigu dan tepung ikan. (TT1: tepung tulang ikan dengan pemanasan 1 jam, TT2 : tepung tulang ikan dengan pemanasan 2 jam, TT3 : tepung tulang ikan dengan pemanasan 3 jam, TI : tepung ikan, TG : tepung terigu).

Figure 4. Organoleptic assessment of tongkol bone meal compared with wheat flour and fish meal. (TT1: fish bone meal with 1 hour heating, TT2: fish bone meal with 2 hours heating, TT3: fish bone meal with 3 hours heating, TI: fish meal, TG: wheat flour).

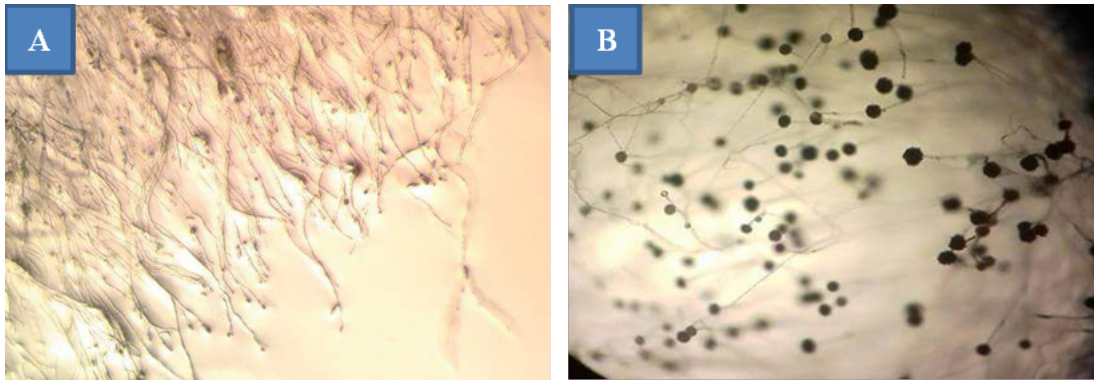
Total Jamur

Kapang atau jamur juga dikenal sebagai miselial fungi, karena struktur tubuhnya terdiri dari benang-benang yang bercabang-cabang (Ijong 2015). Produk dengan kadar air rendah, seperti tepung, rentan terhadap pertumbuhan jamur. Hal ini disebabkan oleh kemampuan jamur

untuk bertahan hidup pada kadar air rendah dan kelembaban yang tinggi. Pengujian total jamur dilakukan untuk menentukan masa simpan produk tepung tulang tongkol pada suhu ruangan. Hasil pengujian total jamur pada tepung tulang ikan tongkol disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Total jamur pada tepung tulang ikan tongkol
 Table 1. Total fungi on tongkol bone meal

Perlakuan/Treatment	Total Jamur (koloni/g)/ Total Fungi (Colony/g)
TT1	1.25×10^2
TT2	1.40×10^2
TT3	1.45×10^2



Gambar 5. Jamur yang tumbuh pada tepung tulang ikan tongkol selama penyimpanan 3 hari pada suhu ruang. (A: *Aspergillus penicillium*, B: *Aspergillus flavus*). Mikroskop perbesaran 400x.

Figure 5. Fungi growing on tongkol bone meal during 3 days of storage at room temperature. (A: *Aspergillus penicillium*, B: *Aspergillus flavus*). Microscope magnification 400x.

BAHASAN

Hasil penelitian (Gambar 1) menunjukkan bahwa perlakuan TT2 menghasilkan rendemen yang lebih tinggi (54%) dibandingkan dengan perlakuan TT1 (46%) dan TT3 (51%). Durasi pemanasan yang lebih lama tidak berdampak signifikan pada rendemen yang dihasilkan. Penggunaan suhu tinggi dan waktu yang tepat dapat meningkatkan rendemen. Pemanasan selama 2 jam (TT2) terbukti efektif dalam menguraikan protein kolagen dan mempertahankan komponen mikro seperti mineral, kalsium, dan fosfor. Menurut Wijayanti et al., (2021) pemanasan dalam waktu lama (90 menit) dapat menyebabkan degradasi protein dalam tulang, yang dapat menurunkan rendemen tepung tulang ikan tongkol. Pemanasan yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mikro, sehingga pada perlakuan TT3 (3 jam pemanasan) menghasilkan rendemen yang lebih rendah sebanyak 51% dibandingkan perlakuan TT2 (2 jam pemanasan) sebanyak 54%, kemungkinan karena terjadi degradasi atau kerusakan pada komponen mikro tersebut. Menurut Suntornsaratoon et al., (2018) saat enzim dinonaktifkan dengan pemanasan pada suhu 90–95 °C selama 60 menit sangat

mempengaruhi rendemen tepung tulang ikan. Menurut Wijayanti et al., (2021) dan (Hilmarsdottir et al., 2020) yang menjelaskan bahwa hasil tepung tulang ikan dapat dipengaruhi oleh interaksi antara ekstraksi protein, pengawetan lipid, dan komposisi tulang, yang semuanya dapat dipengaruhi oleh durasi dan kondisi perlakuan pemanasan.

Hasil penelitian (Gambar 2) menunjukkan bahwa perlakuan TT2 (2 jam pemanasan) 6,58% menghasilkan kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan TT1 (1 jam pemanasan) 8,76% dan TT3 (3 jam pemanasan) 6,94%. Variabel seperti waktu pemanasan, suhu, dan tekanan yang diterapkan selama proses pemanasan memberikan pengaruh penting terhadap kadar air dalam tepung ikan. Pemanasan selama 1 jam, dapat menghasilkan produk yang cenderung membentuk gumpalan pada saat penepungan karena adanya lemak atau minyak yang belum mengalami pengeringan secara sempurna. Menurut Wijayanti et al., (2021) bahwa tepung ikan yang diekstraksi dengan waktu singkat (30 menit) dapat menjadikan tepung lengket, yang pada akhirnya mempengaruhi kadar air produk akhir. Rucah (2014) menambahkan bahwa penurunan kadar air dipengaruhi oleh

waktu dan suhu yang digunakan dalam proses pemasakan tepung ikan. Berdasarkan hasil penelitian Tha et al., (2019) menyebutkan bahwa ekstraksi tepung ikan dengan metode perebusan pada suhu 100 °C selama 30 menit memiliki kadar air $5.96 \pm 0.11\%$ sedangkan menurut (Harahap et al., 2023) tepung ikan yang diekstraksi dengan metode pengukusan pada suhu 100 °C selama 2 jam menghasilkan kadar air sebesar 27.39%. Kadar kelembaban suatu produk memainkan peranan penting dalam pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme memerlukan kelembaban yang cukup untuk berkembang, sehingga setelah makanan mengering dengan cukup, pertumbuhan mikroorganisme akan berhenti. Menurut Xie et al. (2021) pada lingkungan yang memiliki tingkat kelembapan tinggi, air menyumbang sekitar 60% hingga 90% dari masa sel bakteri. Rata-rata kadar air tepung tulang ikan yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara (8,765-6,585%). Meskipun masih berada dalam kisaran standar yang ditetapkan oleh SNI 1992 (maksimal 8% kadar air tepung tulang).

Hasil penelitian (Gambar 3) menunjukkan bahwa kadar abu dalam tepung ikan tongkol berkisar antara 96,86% hingga 98,82%. Pada perlakuan perlakuan TT1 (1 jam pemanasan) sebesar 98,82%, perlakuan TT2 (2 jam pemanasan) sebesar 96,86% dan perlakuan TT3 (3 jam pemanasan) sebesar 96,93%. Kadar abu tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan kadar abu yang ditemukan dalam tepung tulang komersial produksi ISA (International Seafood of Alaska, 2002), yang mencapai 33,0%. Hal ini disebabkan oleh proses pemanasan yang lama dapat menyebabkan peningkatan kandungan mineralnya, karena mineral seperti kalsium dan fosfor terkonsentrasi pada tulang ikan. Menurut Nawaz et al., (2020) pemrosesan tulang ikan menggunakan autoklaf dalam jangka waktu yang lama

dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan matriks gen (bagian organik) dan mineral (anorganik), yang pada akhirnya meningkatkan kandungan mineralnya, khususnya abu. Hal serupa dikemukakan oleh Bagau, (2012) bahwa komposisi mineral, terutama fosfor, kalsium, kalium, dan seng, mengalami penurunan setelah proses pemanasan. Durasi pemanasan juga memengaruhi kadar abu dalam tepung tulang. Penelitian yang dilakukan oleh Khuldi et al., (2016) menyebutkan bahwa kandungan abu tinggi dalam tepung tulang disebabkan oleh mineral merupakan komponen utama pembentuk tulang. Tulang mengandung sel hidup dan matriks intraseluler yang berupa garam mineral.

Dalam uji sensori (Gambar 4), bau merupakan salah satu parameter yang diamati. Bau lebih terkait dengan panca indera pembau. Untuk mengenali bau-bauan baru, mereka harus berada dalam bentuk uap dan molekul-molekul komponen bau tersebut harus mencapai silia sel olfaktori. Umumnya, bau yang diterima oleh hidung dan diinterpretasikan oleh otak terdiri dari campuran empat bau utama, yaitu harum, asam, tengik, dan hangus (Winarno, 1997). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai bau tepung tulang ikan tidak berbeda signifikan dengan tepung ikan dan tepung terigu. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan TT1 (1 jam pemanasan) (4,64). Secara keseluruhan, panelis menerima dengan baik nilai bau pada tepung tulang ikan tongkol. Pada penelitian ini perlakuan pemanasan tidak memberikan pengaruh terhadap sensori bau tepung tulang ikan. Menurut Meulisa et al., (2021) perlakuan suhu dan waktu pemanasan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aroma tepung tulang ikan. Aroma yang dihasilkan cenderung tetap sama dan menunjukkan karakteristik khas dari tepung tulang ikan.

Warna merupakan faktor penting dalam menentukan mutu suatu produk, dan secara visual, warna adalah atribut

organoleptik yang sangat berperan dalam evaluasi bahan pangan (Winarno, 2004). Temuan penelitian menunjukkan bahwa nilai warna pada tepung tulang ikan tongkol berkisar antara (2,88) hingga (4,64). Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan TT1 (1 jam pemanasan). Jika dibandingkan dengan tepung terigu dan tepung ikan, nilai warna pada TT1 (1 jam pemanasan) masih lebih tinggi. Warna yang dihasilkan oleh tepung tulang ikan tongkol sangat dipengaruhi oleh lama waktu proses hidrolisis bertekanan (Autoclave), yang memiliki dampak signifikan terhadap warna produk yang diekstrak. Penelitian ini sejalan dengan Meulisa *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa tepung tulang ikan memiliki tekstur yang halus dan berwarna putih tulang. Kondolele *et al.* (2022) menambahkan bahwa ekstraksi tepung tulang ikan dengan metode perebusan memiliki kuning kemerahan terang dengan presentasi sebesar 46,93%.

Tekstur merupakan hasil dari reaksi fisiopsikologis yang mencerminkan tanggapan atau kesan pribadi seorang panelis atau penilai mutu terhadap suatu komoditas atau produk makanan yang sedang diuji. Tanggapan ini mencakup kesukaan atau ketidakpuasan terhadap sifat hedonik atau kualitas yang dinilai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tekstur pada tepung tulang ikan tongkol berkisar antara 3,00 hingga 4,00. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan TT2 (2 jam pemanasan). Jika dibandingkan dengan tepung terigu dan tepung tulang, nilai tekstur pada TT2 (1 jam pemanasan) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian, total jumlah jamur yang tumbuh selama masa penyimpanan 3 hari pada tepung tulang ikan tongkol adalah sebagai berikut: sampel TT1 (1 jam pemanasan) sebanyak 1.25×10^2 , sampel TT2 (2 jam pemanasan) sebanyak 1.40×10^2 , dan sampel TT3 (3 jam pemanasan) sebanyak 1.45×10^2 . Jumlah jamur tersebut masih

berada di bawah ambang batas standar minimal yang ditetapkan untuk tepung terigu, yaitu 1.0×10^4 koloni/g. Jenis jamur yang diduga tumbuh selama masa penyimpanan 3 hari adalah *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus penicillium*. Jenis jamur ini ditemukan tumbuh pada semua sampel tepung tulang ikan yang diuji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu, tekanan dan lama pemanasan sangat mempengaruhi total jamur yang diperoleh. Lama waktu pemanasan selain bertujuan untuk menghasilkan produk juga dapat digunakan untuk mengurangi kontaminasi mikroba pada produk makan. Menurut Pelyuntha *et al.* (2022) pemanasan produk hingga suhu mencapai 40-45 °C dapat membantu mengurangi kandungan mikroba hingga 4.5 ± 0.5 log CFU/g. Menurut Hassane *et al.* (2017) produk dengan kadar air di bawah 10% dapat meminimalisir pertumbuhan beberapa jenis jamur seperti *Aspergillus flavus*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menghasilkan produk tepung tulang ikan dengan kadar air maksimal 8,76%. Royes and Yanong (2002) menambahkan bahwa semua produk pakan perikanan dengan kadar air di atas 10% memiliki peluang pembentuk koloni (CFU) yang tinggi jika tidak disimpan dengan benar, sehingga mengindikasikan potensi pertumbuhan jamur. Gambaran jamur yang tumbuh pada sampel tepung tulang ikan disajikan pada Gambar 5.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hidrolisis tekanan dapat menjadi opsi yang baik dalam produksi tepung tulang ikan. Rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan pemanasan selama 2 jam (54%). Kadar air terendah terdapat pada perlakuan TT2, sedangkan kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan TT1. Secara keseluruhan, nilai organoleptik seperti bau, tekstur, dan warna tepung tulang ikan dapat diterima

dengan baik oleh panelis. Koloni jamur yang tumbuh berkisar antara 1.25×10^2 hingga 1.45×10^2 koloni/g, dengan jenis jamur yang diduga tumbuh adalah *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus penicillium*. Diperlukan pengujian lebih lanjut mengenai sifat fisik dan kimia serta variasi penggunaan jenis tulang ikan dan tekanan atmosfer, serta aplikasinya dalam produk pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Khuldi, I. K. & A. N. A. (2016). Pengaruh Frekuensi Perebusan Terhadap Karakteristik Tepung Tulang Ikan Belida (*Chitala sp.*). *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 21(2), 32–40.
- Amaral Corrêa, T. H., & França Holanda, J. N. (2019). Fish bone as a source of raw material for synthesis of calcium phosphate. *Materials Research*, 22, 1–5. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2019-0486>
- AOAC. (2005). Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists.
- Astuti, P., Anita, S., & Hanifah, T. A. (2014). Potensi Abu Dari Tulang Ikan Tongkol Sebagai Adsorben Ion Mangan Dalam Larutan. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(2).
- Atanda, S. A., Olsen, M., Crossa, J., Burgueño, J., Rincen, R., Dzidzienyo, D., Beyene, Y., Gowda, M., Dreher, K., Boddupalli, P. M., Tongoona, P., Danquah, E. Y., Olaoye, G., & Robbins, K. R. (2021). Scalable Sparse Testing Genomic Selection Strategy for Early Yield Testing Stage. *Frontiers in Plant Science*, 12(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.658978>
- Bagau, B. (2012). *SPECIAL BONE MEAL Aplikasi Alkali Alami dan Sintetik Tulang Ikan Cakalang*. Unpad Pres.
- Cahyono, E., Suptijah, P., & Wientarsih, I. (2014). Development of A Pressurized Hydrolysis Method for Producing Glucosamine. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 02(05), 390–396.
- Coppola, D., Lauritano, C., Esposito, F. P., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Marine Drugs*, 19(2), 1–39. <https://doi.org/10.3390/MD19020116>
- Dong, Y., Yan, W., Zhang, X. Di, Dai, Z. Y., & Zhang, Y. Q. (2021). Steam explosion-assisted extraction of protein from fish backbones and effect of enzymatic hydrolysis on the extracts. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081942>
- Dubey, S., Meher, P., Shetty, A., Umtol, A., & Kirloskar, D. S. (2021). Waste Management in Fishery Industry: A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(3), 206–209. www.ijert.org
- Giyatmi, & Irianto, H. E. (2017). Chapter Ten - Enzymes in Fermented Fish. In S.-K. Kim & F. Toldrá (Eds.), *Marine Enzymes Biotechnology: Production and Industrial Applications, Part III - Application of Marine Enzymes* (Vol. 80, pp. 199–216). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.10.004>
- Guo, J., Zhu, S., Chen, H., Zheng, Z., & Pang, J. (2022). Ultrasound-assisted solubilization of calcium from micrometer-scale ground fish bone particles. *Food Science and Nutrition*, 10(3), 712–722. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2696>
- Harahap, H., Manurung, R., Iriany, &

- Yustira, A. (2023). Processing and Utilization of Natural Resources of Gulamah Fish with Boiling and Steaming Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1188(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1188/1/012025>
- Hassane, A. M. A., El-Shanawany, A. A., Abo-Dahab, N. F., Abdel-Hadi, A. M., Abdul-Raouf, U. M., & Mwanza, M. (2017). Influence of Different Moisture Contents and Temperature on Growth and Production of Aflatoxin B1 by a Toxigenic *Aspergillus flavus* Isolate in Wheat Flour. *Journal of Ecology of Health & Environment*, 5(3), 77–83. <https://doi.org/10.18576/jehe/050302>
- Hilmarsdottir, G. S., Ogmundarson, Ó., Arason, S., & Gudjónsdóttir, M. (2020). The effects of varying heat treatments on lipid composition during pelagic fishmeal production. *Processes*, 8(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/PR8091142>
- Ijong, F. G. (2015). *Mikrobiologi Perikanan dan Kelautan*. Rineke Cipta.
- Istiqlaal, S. (2017). Proximate Levels of Bone Bluefin Tuna Fish As Gelatinization By Product. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 11(04), 12–17. <https://doi.org/10.9790/2402-1104021217>
- Kondolele, S. L., Asikin, A. N., Kusumaningrum, I., Diachanty, S., & Zuraida, I. (2022). Pengaruh Suhu Perebusan Terhadap Karakteristik Fisikokimia Tepung Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 10(3), 177–184. <https://doi.org/10.35800/mthp.10.3.2022.34938>
- Kontominas, M. G., Badeka, A. V., Kosma, I. S., & Nathanailides, C. I. (2021). Innovative seafood preservation technologies: Recent developments. *Animals*, 11(1), 1–40. <https://doi.org/10.3390/ani11010092>
- Kot, K., Kosik-bogacka, D., & Łanocha-arendarczyk, N. (2021). *The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue*.
- Luque, P. L., Sanchez-Ilárduya, M. B., Sarmiento, A., Murua, H., & Arrizabalaga, H. (2019). Characterization of carbonate fraction of the Atlantic bluefin tuna fin spine bone matrix for stable isotope analysis. *PeerJ*, 2019(7), 1–15. <https://doi.org/10.7717/peerj.7176>
- Meulisa, A. I., Rozi, A., & Zuraidah, S. (2021). KAJIAN MUTU KIMIAWI TEPUNG TULANG IKAN TUNA SIRIP KUNING (*Thunnus albacares*) DENGAN SUHU PENDINGINAN YANG BERBEDA. *Jurnal Perikanan Tropis*, 8(1), 35. <https://doi.org/10.35308/jpt.v8i1.2417>
- Nawaz, A., Li, E., Irshad, S., HHM, H., Liu, J., Shahbaz, H. M., Ahmed, W., & Regenstein, J. M. (2020). Improved effect of autoclave processing on size reduction, chemical structure, nutritional, mechanical and in vitro digestibility properties of fish bone powder. *Advanced Powder Technology*, 31(6), 2513–2520. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2020.04.015>
- Pelyuntha, W., Yafa, A., Charoenwong, B., & Vongkamjan, K. (2022). Effectiveness of the Organic Acid-Based Antimicrobial Agent to Prevent Bacterial Contamination in Fish Meal. *Animals*, 12(23), 1–9.

- <https://doi.org/10.3390/ani12233367>
- Royes and Yanong. (2002). Molds in Fish Feeds and Aflatoxicosis 1. *University of Florida Extension, Fact Sheet FA-95, August*, 1–4.
- Rucah, T. I. (2014). *Pengaruh Suhu Pengukusan Terhadap Sifat Fisika Kimia Tepung Ikan Rucah*.
- SNI. (1991). *Metode pengujian organoleptik - Produk perikanan*. Badan Standardisasi Indonesia.
- SNI. (2015). *Cara Uji Kimia: Bagian 2 Pengujian Kadar Air pada Produk Perikanan*. Badan Standardisasi Indonesia.
- Suntornsaratoon, P., Charoenphandhu, N., & Krishnamra, N. (2018). Fortified tuna bone powder supplementation increases bone mineral density of lactating rats and their offspring. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 2027–2034. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8688>
- Tha, A., Raju, C. V., Lakshmisha, I. P., Kumar, P. A., Sarojini, A., Endra, G., & Pal, J. (2019). Nutritional Composition of Fish Bone Powder Extracted from Three different Fish Filleting Waste Boiling with Water and an Alkaline Media. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(02), 2942–2948. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.342>
- Usman, M., Sahar, A., Inam-Ur-Raheem, M., Rahman, U. ur, Sameen, A., & Aadil, R. M. (2022). Gelatin extraction from fish waste and potential applications in food sector. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(1), 154–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijfs.15286>
- Wijayanti, I., Benjakul, S., & Sookchoo, P. (2021). Effect of high pressure heating on physical and chemical characteristics of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) backbone. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8), 3120–3129. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04815-6>
- Xie, Y., Xu, J., Yang, R., Alshammari, J., Zhu, M., & Sablani, S. (2021). *Moisture Content of Bacterial Cells Determines Thermal*.