

KARAKTERISTIK KIMIA DAN SIFAT FUNGSIONAL KONSENTRAT PROTEIN IKAN (KPI) DAN TEPUNG TULANG DARI IKAN LELE

Dian Setyarini^{*1,2}, Bustami¹, Joko Santoso¹

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University
Jalan Agatis, Bogor Jawa Barat Indonesia 16680

²UPT Pengujian Mutu dan Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan Banyuwangi,
Jalan Barong, Lingkungan Watu Ulo R, Bakungan, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur Indonesia 68431

Diterima: 19 September 2023/Disetujui: 15 Mei 2024

*Korespondensi: rinihrenhat@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Setyarini, D., Bustami, & Santoso, J. (2024). Karakteristik kimia dan sifat fungsional konsentrat protein ikan (KPI) dan tepung tulang dari ikan lele. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(6), 459-473. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i6.50064>

Abstrak

Ikan lele merupakan ikan air tawar yang produksinya mengalami peningkatan setiap tahun di Indonesia. Peningkatan nilai tambah ikan lele salah satunya melalui pembuatan konsentrat protein ikan (KPI) dan tepung tulang sebagai salah satu alternatif sumber protein dan kalsium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode terbaik pembuatan KPI tipe A berdasarkan standar FAO dan tepung tulang ikan lele dengan kriteria kadar kalsium minimum 119 mg/g. Metode Swedia digunakan dalam pembuatan KPI dengan dua perlakuan jenis pelarut (isopropil alkohol dan etanol) dan ekstraksi (1, 2, dan 3 kali). Tepung tulang ikan dibuat menggunakan 2 perlakuan, yaitu metode *pressure cooker* dan ekstraksi asam basa. Parameter yang dianalisis meliputi proksimat, kadar kalsium, profil asam amino, derajat putih, daya serap air, dan daya serap minyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode terbaik pembuatan KPI pada perlakuan ekstraksi menggunakan isopropil alkohol dan ekstraksi sebanyak 3 kali. KPI tipe A yang dihasilkan telah memenuhi standar FAO untuk kadar air 5,34±0,27%, protein 83,10±0,92%, dan lemak 0,20±0,04%. Derajat putih KPI perlakuan terbaik 85,10±0,08%, daya serap air 6,48±0,04 g/mL, dan daya serap minyak 6,05±0,09 g/mL. Asam amino tertinggi leusina dan asam glutamat. Metode terbaik pembuatan tepung tulang ikan lele, yaitu ekstraksi asam basa dengan kadar kalsium 323,81±0,33 mg/g, derajat putih 94,65±1,96%, daya serap air 8,36±0,14 g/mL, daya serap minyak 6,47±0,31 g/mL, kadar air 4,17±0,35%, abu 85,88±0,72%, protein 1,48±0,18%, dan lemak 1,27±0,38%. KPI dan tepung tulang ikan lele berpotensi sebagai sumber protein dan kalsium.

Kata kunci: alkohol, ekstraksi, kalsium, pelarut, protein

Chemical Characteristics and Functional Properties of Fish Protein Concentrate (FPC) and Catfish Bone Meal

Abstract

In Indonesia, the catfish, a type of freshwater fish, experiences annual growth in production. An effective method to enhance the value added to catfish is by producing fish protein concentrate (FPC) and bone meal, which can serve as alternate sources of protein and calcium. The objective of this study was to identify the optimal technique for producing FPC type A, adhering to FAO criteria, using catfish bone meal with calcium concentrations exceeding 119 mg/g. The FPC analysis was conducted using the Swedish technique, including two different solvent treatments (isopropyl alcohol and ethanol) and multiple extractions (1, 2, and 3 times). Fish bone meal is produced through two processes: the pressure cooker method and acid-base extraction. The characteristics examined encompassed the proximate calcium content, amino acid profile, whiteness, water absorption capacity, and oil absorption capacity. The research findings indicated that the optimal approach for producing FPC in the extraction process involved utilizing isopropyl alcohol and doing three extractions. The type A FPC that is produced fulfills the moisture content guidelines set by FAO,

which is $5.34 \pm 0.27\%$. Additionally, it also meets the protein content level of $83.10 \pm 0.92\%$ and the fat content standard of $0.20 \pm 0.04\%$. The optimal treatment's KPI whiteness degree was measured to be $85.10 \pm 0.08\%$. Additionally, the water absorption capacity was found to be 6.48 ± 0.04 g/mL, while the oil absorption capacity was determined to be 6.05 ± 0.09 g/mL. The amino acids found in the highest quantities are leucine and glutamic acid. The most effective technique for producing catfish bone meal involves using acid-base extraction. The resulting product has a calcium content of 323.81 ± 0.33 mg/g, a whiteness of $94.65 \pm 1.96\%$, a water absorption capacity of 8.36 ± 0.14 g/mL, an oil absorption capacity of 6.47 ± 0.31 g/mL, a moisture content of $4.17 \pm 0.35\%$, an ash content of $85.88 \pm 0.72\%$, a protein content of $1.48 \pm 0.18\%$, and a fat content of $1.27 \pm 0.38\%$. KPI and catfish bone meal are viable sources of protein and calcium.

Keyword: alcohol, calcium, extraction, protein, solvent

PENDAHULUAN

Ikan lele merupakan salah satu komoditas ikan air tawar budi daya di Kabupaten Banyuwangi yang terus dikembangkan dan produksinya meningkat setiap tahun. Volume produksi ikan lele di Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2020 sebesar 4.574.327 kg meningkat 6,29% di tahun 2021 menjadi 4.862.355 kg (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2022). Ikan lele umumnya dijadikan ikan konsumsi dengan harga pasaran yang tidak stabil dan cenderung rendah. Peningkatan nilai tambah ikan lele telah banyak dilakukan di antaranya produk sosis (Yakhin *et al.*, 2013), hidrolisat protein ikan (Nurhayati *et al.*, 2013), dan surimi (Wijayanti *et al.*, 2014). Ikan lele juga berpotensi diolah menjadi konsentrat protein ikan (KPI) dan tepung tulang sebagai salah satu alternatif sumber protein dan kalsium. Ikan lele dumbo memiliki kadar protein 17,7-26,7% dan lemak 0,95-11,5% (Anggraeni & Handayani, 2022). Ikan lele termasuk ikan yang berlemak rendah dan kandungan proteinnya tinggi sehingga sangat berpotensi diolah menjadi KPI (Asriani *et al.*, 2018).

Konsentrat protein ikan (KPI) adalah suatu produk yang diperoleh dari ikan utuh atau hewan air lain atau bagian ikan, dengan cara menghilangkan sebagian besar lemak dan kadar air, sehingga diperoleh kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku asalnya. Protein ikan memiliki karakteristik yang unik, yaitu sangat baik untuk menahan air, pembentuk gel yang kuat, pembentuk busa yang stabil, pengikat lipid, dan pembentuk emulsi lipid yang stabil. Kandungan protein dalam satu bagian KPI setara dengan lima bagian ikan segar. KPI bermutu tinggi mempunyai karakteristik tidak berasa ikan, tidak berbau, kadar protein

minimum 67,5%, dan kandungan lemak maksimum 0,75% (Kumoro *et al.*, 2022).

Konsentrat protein ikan (KPI) telah dimanfaatkan untuk memperbaiki tekstur produk pangan, yaitu meningkatkan kemampuan pembentukan gel, pengikatan air, dan emulsifikasi (Anugrahati *et al.*, 2012). Pemanfaatan KPI didasari oleh fungsi protein dalam bahan pangan, yaitu kemampuan protein untuk larut dan mengikat air sehingga dapat berperan dalam pembentukan tekstur pangan. Penelitian terkait KPI telah dilaporkan untuk beberapa bahan baku di antaranya ikan patin dalam pembuatan biskuit (Anugrahati *et al.*, 2012), *snack* (Dewita *et al.*, 2011), ikan gabus untuk *choux pastry* (Asih & Arsil, 2022; Arsil & Asih, 2023), ikan baung untuk *snack* (Dewita *et al.*, 2012), ikan lele untuk produk MPASI (Widiyawati, 2011) dan kerupuk melarat (Asriani *et al.*, 2018), dan telur ikan cakalang untuk MPASI (Rieuwpassa, 2014). Pemanfaatan ikan lele hasil budidaya di Kabupaten Banyuwangi untuk menjadi konsentrat protein ikan belum dilaporkan. Pengolahan ikan lele di Banyuwangi masih menggunakan metode konvensional, yaitu daging ikan hanya direbus kemudian dikeringkan, atau disangrai di atas api kecil sampai kering sehingga nilai gizinya juga jauh lebih rendah.

Pembuatan KPI memanfaatkan daging ikan lele, sehingga hasil samping berupa tulang perlu dimanfaatkan juga untuk produksi yang berkelanjutan. Tulang kaya akan mineral di antaranya kalsium dan fosfor serta kolagen (Firlianty *et al.*, 2021). Komposisi lainnya yang ditemukan, yaitu karbohidrat dan lemak (Murniyati *et al.*, 2014). Limbah tulang dari KPI ikan lele berpotensi diolah menjadi tepung tulang sebagai sumber kalsium. Tepung tulang ikan mengandung kadar

kalsium dan fosfor yang cukup tinggi sehingga bila digunakan sebagai bahan fortifikasi pada makanan diharapkan dapat meningkatkan kadar kalsiumnya.

Aplikasi KPI pada beberapa produk masih terhalang oleh biaya pemrosesan yang jauh lebih tinggi daripada tepung ikan dan rasa pahit yang tidak diinginkan sehingga mengurangi penerimaan konsumen. KPI diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan karakteristik fisik, yaitu tipe A (berwarna putih atau tidak berwarna, tidak berbau dan berasa ikan, mengandung minimum 67,5% protein kasar, dan tidak lebih dari 0,75% lemak), tipe B (berwarna cokelat keabu-abuan dengan bau dan rasa ikan yang kuat karena adanya sekitar 3% lemak) dan tipe C (tepung ikan normal diproduksi di bawah kondisi higienis yang memuaskan). KPI biasanya memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari tepung ikan dengan warna dan tekstur yang lebih seragam (Shaviklo, 2015). Metode pemrosesan KPI melalui ekstraksi pelarut dan pemilihan pelarut yang tepat sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil KPI dengan sifat fungsional tertinggi (Kumoro *et al.*, 2022). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode terbaik pembuatan KPI tipe A berdasarkan standar FAO dan tepung tulang ikan lele dengan kriteria kadar kalsium >119 mg/g.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Konsentrat Protein Ikan Lele Metode Swedia (Kumoro *et al.*, 2022)

Prinsip pembuatan KPI menggunakan metode Swedia, yaitu ikan dimasak dengan air pada tingkat pemanasan konstan dengan pengadukan yang kuat. Ikan yang dimasak kemudian ditekan, disaring dan diolah dengan ekstraksi berturut-turut menggunakan isopropil alkohol untuk menghilangkan kandungan lemak ke tingkat yang diinginkan. Bahan yang dihilangkan lemaknya ini kemudian dikeringkan untuk menghilangkan jejak pelarut dan dihaluskan untuk mendapatkan KPI.

Ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) diperoleh dari kolam budidaya di Banyuwangi dengan ukuran rata-rata 400 g/ekor. Ikan lele

dibersihkan dengan air mengalir, dipreparasi dengan cara memisahkan bagian daging, jeroan, kepala, dan tulang. Daging ikan dimasak dengan air mendidih selama 30 menit dengan pengadukan yang kuat. Daging ikan yang sudah dimasak kemudian disaring sehingga yang tersisa hanya daging lumat. Daging lumat lalu diekstraksi menggunakan dua pelarut yang berbeda, yaitu isopropil alkohol dan etanol. Perlakuan ekstraksi dilakukan 1, 2, dan 3 kali. Ekstraksi setiap perlakuan dilakukan selama 30 menit dengan perbandingan 1:3 (b/v) untuk menghilangkan kandungan lemak pada daging. Hasil ekstraksi yang berupa endapan kemudian dikeringkan dengan *cabinet dryer* (Getra) pada suhu 60°C selama 20 jam. Sampel yang telah kering kemudian dihancurkan dengan blender (Philips) dan dilakukan pengayakan dengan ayakan ukuran 100 *mesh*.

KPI lele dilanjutkan untuk analisis sensori (aroma) (BSN, 2015), kadar protein (BSN, 2006), kadar lemak (BSN 2017), dan rendemen. Penilaian aroma konsentrat protein ikan dilakukan menggunakan uji *scoring* skala 1-5. Penilaian skor kesukaan, yaitu 1 (aroma ikan sangat kuat), 2 (aroma ikan kuat), 3 (aroma ikan lemah), 4 (aroma ikan sangat lemah), dan 5 (tidak beraroma ikan). Konsentrat protein ikan lele terbaik dipilih berdasarkan kadar protein tertinggi, kadar lemak maksimum 0,75%, dan aroma ikan lemah. Konsentrat protein ikan lele terbaik yang dipilih kemudian dikarakterisasi lebih lanjut meliputi kadar air (BSN, 2015), abu (BSN, 2010), karbohidrat (*by difference*), profil asam amino (metode kromatografi cair dengan pilihan deteksi menggunakan UV-Vis atau spektrometri massa), daya serap air (Beuchat, 1977), dan daya serap minyak (Beuchat, 1977).

Preparasi dan Pembuatan Tepung Tulang Ikan Lele (Murniyati *et al.*, 2014)

Tulang ikan dicuci, dibersihkan, direbus selama 60 menit pada suhu 80-85°C. Proses pemasakan atau perebusan awal dilakukan untuk mempermudah pembersihan tulang dari daging, lemak, dan darah yang menempel. Tulang ikan yang telah direbus

kemudian dicuci dan dibersihkan kembali apabila masih ada daging yang menempel. Tulang ikan kemudian direbus kembali pada suhu 80-85°C selama 30 menit. Perebusan diulang sebanyak 3 kali. Setiap ulangan perebusan dilakukan penggantian air dan penghitungan waktu dilakukan saat air mulai mendidih. Selanjutnya, tulang ikan dicuci kembali dan ditiriskan.

Pembuatan tepung tulang ikan dilakukan dengan metode presto dan metode ekstraksi asam basa. Metode presto dilakukan dengan proses presto tulang ikan pada suhu 120-150°C tekanan 1-1,4 atm selama 1 jam. Hasil presto lalu dikeringkan pada suhu 60°C selama 20 jam lalu ditepungkan dengan blender dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Tepung tulang yang dibuat menggunakan metode ekstraksi asam basa diawali dengan deproteinase tulang ikan menggunakan larutan NaOH 1 N (40%) pada suhu 90°C selama 1 jam dengan perbandingan tulang dan larutan NaOH 1:2. Tulang ikan didinginkan dan disaring untuk memisahkan filtrat dan residu. Residu dicuci berulang hingga mencapai pH 7. Residu diekstrak dengan larutan HCl 1 N (3,6%) pada suhu 90°C selama 1 jam dengan perbandingan tulang ikan dan larutan HCl adalah 1:3. Residu kemudian dipisahkan dari filtrat dan dikeringkan menggunakan *dehydrator* pada suhu 60°C selama 20 jam. Residu yang telah kering ditepungkan dan diayak dengan ayakan 100 *mesh*.

Parameter yang digunakan untuk menentukan metode penepungan terbaik adalah jumlah total kalsium tertinggi. Tepung tulang ikan lele hasil metode terbaik yang dipilih kemudian dikarakterisasi lebih lanjut untuk mengetahui sifat kimia meliputi daya serap air (Beuchat, 1977), daya serap minyak (Beuchat, 1977), kadar air (BSN, 2015), protein (BSN, 2006), lemak (BSN, 2017), abu (BSN, 2010) dan karbohidrat (*by difference*).

Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam pembuatan konsentrat protein ikan lele adalah rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial dengan dua faktor, yaitu perbedaan pelarut ekstraksi dan jumlah

ekstraksi. Data dianalisis sebanyak 2 kali ulangan. Data dianalisis dengan analisis ragam. Data yang signifikan dilakukan uji lanjut dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT). Uji statistik yang digunakan pada pembuatan tepung tulang ikan lele adalah t-test dengan membandingkan hasil analisis dua metode penepungan, yaitu metode presto dan metode asam basa. Aplikasi yang digunakan untuk analisis data adalah software Microsoft Excel 2013 dan Statistical Process for Social Science (SPSS) 22.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Ikan Lele

Bahan baku yang digunakan untuk membuat konsentrat protein ikan (KPI) adalah ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). Ikan lele dumbo hasil penelitian memiliki kadar air 70,47±1,2%, abu 0,38±0,09%, protein 18,24±0,2%, lemak 3,12±0,56%, dan karbohidrat (*by difference*) 7,79±0,75%. Widiyawati (2011) melaporkan bahwa kadar air ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) 73,82%, abu 0,75%, protein 16,63%, dan lemak 0,90%. Ilminingtyas *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa komposisi gizi ikan lele, yaitu kadar air 75,10%, protein 18,79%, lemak 4,03%, dan abu 0,12%. Asriani *et al.* (2018) melaporkan bahwa kandungan protein ikan lele dumbo ukuran jumbo tergolong tinggi, yaitu 17,09%. Variasi komposisi gizi ikan dipengaruhi oleh faktor biologi mencakup jenis spesies, jenis kelamin, kematangan gonad, makanan, musim, kondisi perairan dan cara penanganan (Asriani *et al.*, 2018).

Ikan daging putih dan rendah lemak dianggap spesies yang paling cocok untuk bahan konsentrat protein ikan. Ikan kategori lain juga dapat digunakan sebagai sumber protein untuk memproduksi bahan konsentrat protein ikan, yaitu ikan dengan otot gelap. Kualitas dan karakteristik bahan protein ikan sangat tergantung pada sumber bahan baku dan metode pengolahan (Shaviklo, 2015).

Rendemen KPI Lele

Nilai rendemen KPI yang dibuat menggunakan pelarut isopropil alkohol pada ekstraksi pertama, kedua, dan ketiga adalah 25,47±5,2%, 22,92±4,8%, dan

20,75±4,4%. Nilai rendemen KPI yang dibuat menggunakan pelarut etanol pada ekstraksi pertama, kedua, dan ketiga adalah 24,47±0,1%, 21,01±2,7%, dan 17,835±0,2%. Jenis pelarut, jumlah ekstraksi, dan interaksi antar keduanya tidak memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen KPI ($p>0,05$). Penurunan nilai rendemen KPI sejalan dengan banyaknya frekuensi pencucian juga berkaitan dengan penurunan kandungan lemak KPI. Semakin banyak jumlah ekstraksi, tidak hanya lemak dan air saja yang berkurang pada saat dilakukan ekstraksi, tetapi juga protein yang bersifat polar juga ikut terlarut sehingga rendemen KPI semakin berkurang. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Widyawati (2011) yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah ekstraksi menyebabkan rendemen KPI lele dumbo afkir yang dihasilkan semakin rendah. Rendemen KPI dipengaruhi oleh alat pengeringan, suhu pengeringan, lama pengeringan, dan pelarut yang digunakan (Rieuwpassa *et al.*, 2020).

Karakteristik KPI Lele Kadar protein KPI

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis pelarut memberikan pengaruh terhadap

kadar protein KPI ($p<0,05$), sedangkan jumlah ekstraksi dan interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein ($p>0,05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki kadar protein >67,5%. Metode terbaik pembuatan KPI lele dipilih berdasarkan kadar protein tertinggi, yaitu 83,10% pada perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol dengan jumlah ekstraksi 3 kali. Kadar protein KPI terendah sebesar 78,85% pada perlakuan menggunakan pelarut etanol dengan jumlah ekstraksi 1 kali. Kadar protein KPI lele dapat dilihat pada *Figure 1*.

KPI bermutu tinggi dihasilkan dari penghilangan lemak dan air dari jaringan daging ikan. Parameter yang berpengaruh terhadap kualitas KPI di antaranya suhu, tekanan, waktu, pengurangan ukuran daging ikan, volume pelarut terhadap masa ikan, pH, enzim, pengadukan, dan metode pengeringan (Kumoro *et al.*, 2022). Proses ekstraksi menggunakan etanol menunjukkan kandungan protein yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan IPA. Etanol dan IPA menunjukkan kapasitas yang sangat baik untuk mengekstrak fosfolipid (fosfatidiletanolamina dan fosfatidilkolina),

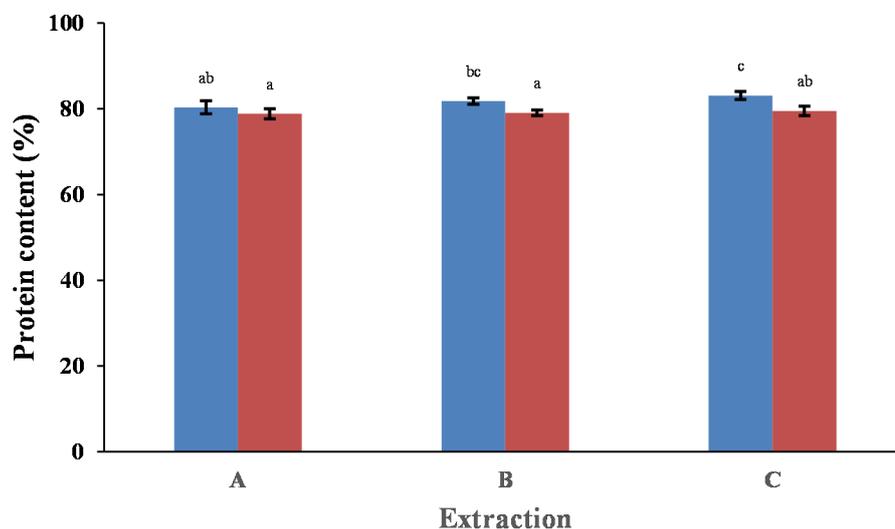


Figure 1 The effect of solvent type and extraction amount on FPC protein levels; (■) isopropyl alcohol, (■) ethanol; A: one time extraction, B: two times extraction, C: three times extraction.

Different superscripts showed a significant difference ($p<0.05$)

Gambar 1 Pengaruh jenis pelarut dan jumlah ekstraksi terhadap kadar protein KPI; (■) isopropil alkohol, (■) etanol; A: ekstraksi satu kali, B: ekstraksi dua kali, C: ekstraksi tiga kali.

Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0,05$)

dengan etanol menunjukkan daya pelarut yang lebih tinggi (hampir 2 kali lipat) dibandingkan isopropanol. Etanol merupakan pelarut polar yang dapat melarutkan lipid polar (Kumoro *et al.*, 2022). Penggunaan pelarut IPA menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan pelarut etanol. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Asriani *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa metode terbaik pembuatan KPI ikan lele adalah menggunakan pelarut isopropil alkohol dengan kadar protein 78,71%. Hasil penelitian Rieuwpassa (2014) juga melaporkan bahwa perlakuan pelarut isopropil alkohol dengan jumlah ekstraksi 2 kali adalah metode ekstraksi terbaik dalam pembuatan konsentrat telur ikan cakalang dengan kadar protein 72,47%.

Pelarut yang tepat digunakan untuk persiapan KPI harus campuran pelarut polar dan nonpolar. Sifat lain pelarut untuk KPI, yaitu mudah menguap agar mudah dihilangkan melalui penguapan atau pengeringan di bawah tekanan yang dikurangi. Masalah penting lainnya yang harus dipertimbangkan untuk pemilihan pelarut yang digunakan dalam preparasi KPI di antaranya adalah kemungkinan denaturasi protein, reaksi kimia, dan toksisitas pelarut (Kumoro *et al.*, 2022).

Kadar lemak KPI

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis pelarut, jumlah ekstraksi, dan interaksi antar keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar lemak KPI ($p < 0,05$). Kadar lemak yang semakin rendah menghasilkan KPI dengan mutu tinggi. KPI dengan tipe A memiliki kadar lemak kurang dari 0,75%, KPI tipe B mengandung kadar lemak kurang dari 3%, sedangkan KPI tipe C memiliki kadar lemak kurang dari 10% (FAO, 1986). Hasil penelitian menunjukkan kadar lemak KPI lele masuk kategori KPI tipe A. Kadar lemak tertinggi yaitu $11,37 \pm 0,80\%$ pada perlakuan menggunakan pelarut etanol ekstraksi 1 kali. Kadar lemak terendah yaitu $0,20 \pm 0,04\%$ dari perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol ekstraksi 3 kali. Kadar lemak KPI lele dapat dilihat pada *Figure 2*.

Rata-rata kadar lemak KPI yang dibuat menggunakan pelarut isopropil alkohol adalah $1,49 \pm 1,29\%$, sedangkan rata-rata kadar lemak KPI yang dibuat menggunakan etanol adalah $7,42 \pm 5,34\%$, sehingga KPI yang dibuat menggunakan pelarut isopropil alkohol lebih baik daripada KPI yang dibuat menggunakan pelarut etanol. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Asriani

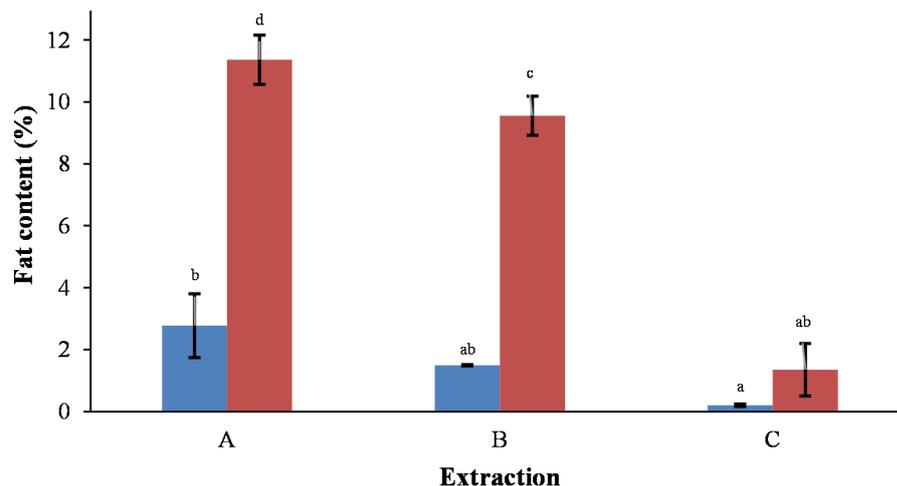


Figure 2 The effect of solvent type and extraction amount on FPC fat levels; (■) isopropyl alcohol, (■) ethanol; A: one time extraction, B: two times extraction, C: three times extraction.

Different superscripts showed a significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 2 Pengaruh jenis pelarut dan jumlah ekstraksi terhadap kadar lemak KPI; (■) isopropil alkohol, (■) etanol; A: ekstraksi satu kali, B: ekstraksi dua kali, C: ekstraksi tiga kali. Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

et al. (2018) dan Rieuwpassa (2014) yang menghasilkan KPI dengan kadar lemak terbaik sebesar 0,68% dan 2,78%. Kumoro *et al.* (2022) melaporkan campuran iso propanol-heksana (3:2, v/v) sebagai pelarut kedua yang paling sering digunakan untuk ekstraksi lemak dari jaringan hewan, terutama karena toksisitasnya yang jauh lebih rendah tetapi menunjukkan sifat ekstraksi yang baik. Pembuatan KPI melalui metode ekstraksi pelarut sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu pH, suhu, waktu pengadukan, jenis homogenisasi, rasio massa ikan terhadap volume pelarut, dan jumlah ekstraksi. Jumlah tahapan ekstraksi berpengaruh terhadap kadar lemak KPI lele, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah ekstraksi maka daging lumat lele akan semakin sering kontak dengan pelarut yang berfungsi sebagai pelarut lemak, sehingga lemak yang terekstrak juga akan semakin banyak. Pemilihan pelarut sangat penting dalam melakukan ekstraksi lemak. Pelarut yang sering digunakan dalam ekstraksi KPI adalah etanol dan IPA yang memiliki kemampuan untuk menghilangkan lemak dalam jumlah yang banyak. Proses ekstraksi protein menggunakan alkohol akan meningkatkan kadar protein dan

menurunkan kadar lemak. Kelarutan lemak dan turunannya dalam pelarut organik juga dipengaruhi oleh jumlah ikatan rangkap dan panjang rantai karbon, semakin banyak jumlah ikatan rangkap maka kelarutan lemak semakin tinggi (Rieuwpassa *et al.*, 2018).

Derajat putih KPI

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan jenis pelarut tidak memberikan pengaruh nyata terhadap derajat putih KPI ($p>0,05$), sedangkan jumlah ekstraksi, dan interaksi antar keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap derajat putih KPI ($p<0,05$). Derajat putih KPI lele terbesar dihasilkan pada perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi 3 kali sebesar $85,10\pm 0,08\%$ dan terendah pada perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi 1 kali sebesar $74,44\pm 0,87\%$ (Figure 3). Widyawati (2011) menyatakan bahwa derajat putih KPI lele dumbo afkir tertinggi diperoleh dari KPI lele dumbo afkir yang dihasilkan dengan perlakuan empat kali ekstraksi, sedangkan nilai rata-rata derajat putih KPI lele dumbo afkir terendah dihasilkan oleh perlakuan dua kali ekstraksi.

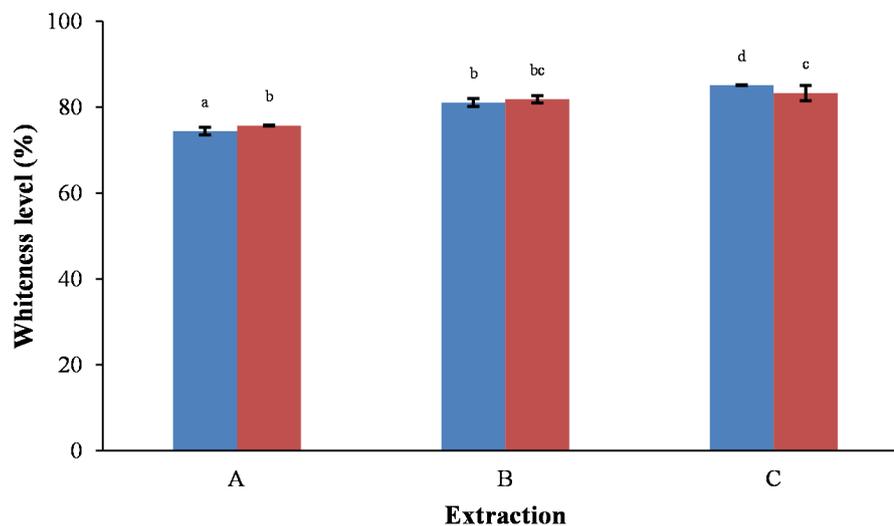


Figure 3 The effect of solvent type and extraction amount on FPC whiteness levels; (■) isopropyl alcohol, (■) ethanol; A: one time extraction, B: two times extraction, C: three times extraction.

Different superscripts showed a significant difference ($p<0.05$)

Gambar 3 Pengaruh jenis pelarut dan jumlah ekstraksi terhadap derajat putih KPI; (■) isopropil alkohol, (■) etanol; A: ekstraksi satu kali, B: ekstraksi dua kali, C: ekstraksi tiga kali.

Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0,05$)

Derajat putih bukan merupakan kriteria mutu KPI, tetapi derajat putih adalah salah satu karakteristik fisik yang diamati pada pembuatan KPI karena warna merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk makanan. Derajat putih menunjukkan kemampuan bahan untuk memantulkan cahaya yang mengenai bahan tersebut. Semakin tinggi nilai derajat putih maka semakin putih warna tepung yang dihasilkan. Derajat putih dan nilai aroma sangat berkaitan erat dengan jumlah lemak pada KPI, jika kadar lemak tinggi, maka nilai aroma dan derajat putih akan rendah (Rieuwpassa *et al.*, 2020).

Penilaian aroma KPI

Persyaratan mutu KPI selain kadar protein dan lemak adalah bau atau aroma. KPI yang bermutu baik memiliki nilai aroma ikan yang lemah saat diseduh dengan air hangat. Hasil penilaian aroma KPI lele dapat dilihat pada *Figure 4*.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis pelarut, jumlah ekstraksi, dan interaksi antar keduanya memberikan pengaruh nyata terhadap nilai aroma KPI ($p < 0,05$). Ekstraksi menggunakan pelarut isopropil alkohol ekstraksi 2 kali tidak berbeda signifikan dengan ekstraksi menggunakan pelarut etanol ekstraksi 3 kali. Metode terbaik untuk membuat KPI adalah

ekstraksi menggunakan pelarut isopropil alkohol ekstraksi 3 kali, dengan nilai aroma 4,37 (aroma ikan sangat lemah). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rieuwpassa (2014) yang menyebutkan bahwa nilai aroma KPI terbaik dihasilkan pada pembuatan KPI menggunakan pelarut isopropil alkohol pada jumlah ekstraksi 3 kali.

Proses ekstraksi KPI bertujuan untuk mengurangi kandungan lemak dan juga dapat mengubah warna menjadi lebih putih. Semakin banyak lemak yang diekstraksi, semakin tinggi nilai derajat putih. Selanjutnya, penurunan kandungan lemak juga memengaruhi nilai aroma. Jika kandungan lemaknya masih tinggi maka lebih mudah terjadi oksidasi, hal ini menyebabkan bau tengik (Rieuwpassa *et al.*, 2022).

Penentuan KPI Lele Terpilih

Pemilihan metode terbaik pembuatan konsentrat protein ikan ditentukan berdasarkan syarat mutu KPI tipe A (FAO, 1986), dengan kriteria kadar lemak maksimum 0,75%, kadar protein tertinggi dan skor organoleptik bau ikan lemah dan derajat putih tinggi. Kadar protein KPI tertinggi adalah $83,10 \pm 0,92\%$ pada perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi 3 kali. Kadar lemak terendah $0,20 \pm 0,04\%$ dari perlakuan menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi

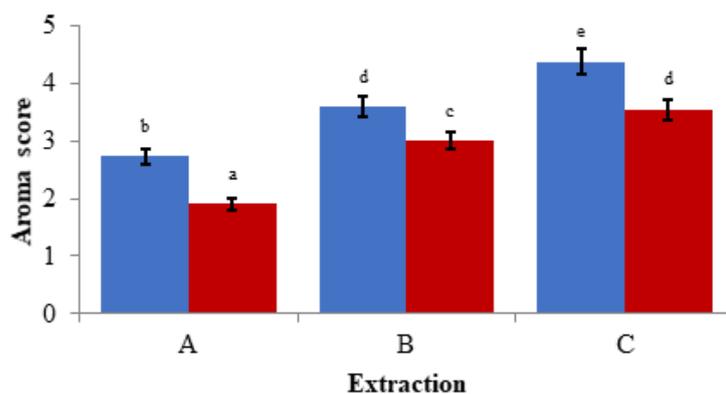


Figure 4 The effect of solvent type and extraction amount on FPC aroma score; (■) isopropyl alcohol, (■) ethanol; A: one time extraction, B: two times extraction, C: three times extraction.

Different superscripts showed a significant difference ($p < 0,05$)

Gambar 4 Pengaruh jenis pelarut dan jumlah ekstraksi terhadap nilai aroma KPI; (■) isopropil alkohol, (■) etanol; A: ekstraksi satu kali, B: ekstraksi dua kali, C: ekstraksi tiga kali. Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

3 kali. Nilai aroma tertinggi diperoleh pada perlakuan isopropil alkohol jumlah ekstraksi 3 kali. Berdasarkan hasil penelitian maka metode ekstraksi terbaik pada pembuatan KPI lele adalah menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi 3 kali. Perbandingan standar KPI-A (FAO) dan komposisi gizi KPI hasil penelitian disajikan pada *Table 1*.

Phadtare *et al.* (2021) melaporkan bahwa KPI yang diekstraksi dengan isopropil alkohol lebih unggul dengan kadar protein tertinggi secara signifikan ($p < 0,05$), kadar air dan lemak terendah. Metode yang berbeda mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kualitas proksimat KPI yang diperoleh. Kandungan protein tertinggi diperoleh menggunakan metode Kanada ($p < 0,05$) yaitu 92,56% yang diekstraksi menggunakan pelarut isopropil alkohol, diikuti dengan metode India dan Inggris. Kadar air dan lemak terendah tercatat pada metode Kanada ($4,61 \pm 0,03$ dan $0,49 \pm 0,01\%$).

Karakteristik Fisik dan Kimia KPI Terbaik

KPI terbaik terpilih kemudian diuji sifat fungsionalnya meliputi daya serap air, daya serap minyak, dan profil asam amino. Karakteristik fisik berhubungan dengan sifat fungsional suatu bahan pangan dan interaksinya dengan bahan pangan lainnya serta berkaitan dengan proses pengolahan selanjutnya. Rieuwpassa *et al.* (2020) menyatakan bahwa dalam analisis pangan, pengujian kimia sangat dibutuhkan untuk mengetahui komponen penting dalam bahan pangan. Hasil pengujian terhadap karakteristik fisik dan kimia dari KPI lele terbaik (perlakuan pelarut isopropil alkohol ekstraksi 3 kali) disajikan pada *Table 2*.

Daya serap air didefinisikan sebagai kemampuan pangan untuk menahan air yang

ditambahkan dan air yang ada dalam bahan pangan tersebut selama proses pengolahan. Daya serap air KPI sebesar 6,48 g/mL, artinya setiap 6,48 g KPI dapat menyerap 1 mL air. Dari hasil penelitian Widiyawati (2011) daya serap air KPI lele sebesar 3,58 g/mL. Hasil ini menandakan kualitas daya serap air KPI hasil penelitian Widiyawati (2011) lebih baik. Sifat fungsional protein dalam sistem pangan juga bergantung pada kapasitas menahan air (*water holding capacity/WHC*). WHC merupakan kemampuan protein untuk menyerap air dan menahannya lebih jauh terhadap gravitasi dalam matriks protein karena adanya asam amino polar yang bergabung dengan molekul air. Chan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa WHC juga dapat digunakan sebagai indikator denaturasi protein dan ukuran kualitas ikan mentah. Oleh karena itu, WHC memengaruhi tekstur dan integritas produk pangan kering, khususnya filet ikan atau daging beku.

Daya serap minyak adalah sifat yang dapat menunjukkan adanya interaksi suatu bahan pangan terhadap penyerapan minyak. Daya serap minyak KPI adalah 6,05 g/g, ini berarti setiap 6,05 g KPI mampu menyerap 1 mL minyak. Dari hasil penelitian Widiyawati (2011) daya serap minyak KPI lele sebesar $2,49 \pm 0,00$ g/g. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas daya serap minyak KPI hasil penelitian Widiyawati (2011) lebih baik. Kumoro *et al.* (2022) menyatakan bahwa kapasitas penyerapan minyak merupakan suatu sifat yang menunjukkan kemampuan bahan makanan untuk menyediakan kemungkinan interaksi dengan minyak. Kapasitas emulsi yang baik berarti bahan makanan dapat menyerap secara seimbang jumlah air dan minyak. Kapasitas emulsi protein sangat bergantung pada keseimbangan ikatan hidrofilik dan hidrofobik yang ada pada struktur molekulnya. KPI dengan kapasitas

Table 1 Comparison of the standard type A FPC (FAO) with several FPC of catfish

Tabel 1 Perbandingan standar KPI A (FAO) dengan beberapa KPI lele

Parameter (%)	Type A FPC ^a	Research result	FPC catfish ^b	FPC catfish ^c
Protein	>67.50	83.10±0.65	81.60±0.44	78.71±0.43
Fat	<0.75	0.20±0.03	1.24±0.15	0.69±0.01
Moisture	<10.00	5.34±0.27	8.65±0.06	9.91±0.06

^aFAO (1986); ^bWidiyawati (2011); ^cAsriani *et al.* (2018)

Table 2 Physical and chemical characteristics of catfish FPC
Tabel 2 Karakteristik fisik dan kimia KPI lele

Parameter	Research result	FPC catfish ^a
Water absorption capacity (g/mL)	6.48±0.04	3.56±0.03
Oil absorption capacity (g/g)	6.05±0.09	2.49±0.00
Water (%)	5.34±0.27	8.65±0.06
Ash (%)	0.67±0.50	3.91±0.43
Fat (%)	0.20±0.03	1.24±0.15
Protein (%)	83.10±0.65	81.60±0.44
Carbohydrate by difference (%)	10.69±0.39	13.25±0.10

^aWidiyawati (2011)

emulsi rendah merupakan indikasi adanya dispersi air pada titik isoelektrik.

Profil Asam Amino KPI Lele

Komposisi asam amino KPI lele perlakuan isopropil alkohol ekstraksi 3 kali disajikan pada *Table 3*. Hasil penelitian menunjukkan jumlah total asam amino KPI sebesar 937,95 mg/g. Hasil penelitian Widiyawati (2011) menunjukkan jumlah

total asam amino KPI lele adalah 953,2 mg/g. L-Leusina merupakan asam amino esensial tertinggi dan L-Asam Glutamat merupakan asam amino non esensial tertinggi. L-Histidina merupakan asam amino esensial terendah dan L-prolina merupakan asam amino non esensial terendah.

Asam amino dapat diklasifikasikan sebagai esensial dan nonesensial. Asam amino esensial tidak dapat dibuat oleh tubuh tetapi

Table 3 The amino acid composition of catfish FPC (mg/g protein)
Tabel 3 Komposisi asam amino KPI lele (mg/g protein)

Types of amino acids	Research result	FPC catfish ^a	
L-Phenylalanine	58.03	46.68	
L-Isoleucine	51.73	52.20	
L-Valine	53.39	53.55	
Essential	L-Arginine	81.18	71.17
	L-Lisine	82.81	106.42
	L-Leucine	93.51	92.16
	L-Threonine	62.95	50.32
	L-Histidine	30.64	23.68
	L-Serine	53.66	46.82
	L-Glutamic acid	147.08	157.94
Non-essential	L-Alanine	55.32	63.10
	L-Glisine	43.36	39.15
	L-Aspartic acid	82.62	109.51
	L-Tirosine	46.83	40.50
	L-Proline	38.18	-
Total	937.95	953.2	

^aWidiyawati (2011)

sangat penting untuk metabolisme protein. Asam amino ini harus diperoleh dari makanan. Asam amino non esensial diperlukan untuk fungsi sel normal dan dapat disintesis dari asam amino lain dalam tubuh. Asam amino bergabung membentuk protein jaringan yang dapat digunakan oleh tubuh (Suprayitno *et al.*, 2017).

Komposisi asam amino KPI bervariasi yang bergantung pada pelarut organik yang digunakan untuk ekstraksi. Selama proses pengolahan KPI, pelarut organik memengaruhi hidrofobisitas permukaan protein karena dapat mengganggu interaksi hidrofobik antara rantai samping nonpolar asam amino, terutama ikatan disulfida internal. Konsentrasi pelarut yang cukup tinggi diperlukan untuk secara efisien membuka struktur terurut rantai polipeptida. Jenis pelarut organik dan sumber protein juga secara signifikan menentukan sejauh mana perubahan tegangan antarmuka protein. Panas yang digunakan selama proses KPI juga memainkan peran penting dalam mengganggu ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik nonpolar. Hal ini terjadi karena panas meningkatkan energi kinetik dan memicu getaran molekul yang cepat dan keras, yang mengakibatkan gangguan ikatan tersebut. Goyangan atau pengadukan mekanis juga menyebabkan denaturasi permukaan dengan mengekspos molekul protein secara luas ke antarmuka pelarut udara-cairan yang menyebar di atas permukaan gelembung, mengakibatkan pembukaan struktur molekul protein (Kumoro *et al.*, 2022).

Oluwaniyi *et al.* (2017) melaporkan bahwa lamanya waktu perlakuan panas berkontribusi terhadap perubahan kandungan asam amino. Proses merebus dan memanggang tidak berpengaruh signifikan terhadap komposisi asam amino ikan laut. Proses penggorengan menghasilkan penurunan yang signifikan terhadap komposisi asam amino esensial. Berdasarkan spesifikasi mutu KPI menurut FAO (1986), persentase minimum lisina 6,5% dari total asam amino. KPI lele hasil penelitian sudah sesuai dengan persyaratan FAO dengan nilai 8,83%. Adhikari *et al.* (2022) melaporkan asam amino selama proses

pengolahan terutama pada suhu tinggi dapat mengalami berbagai reaksi kimia sehingga dapat menurunkan nilai gizi suatu bahan atau produk. Perlakuan termal menyebabkan menurunnya jumlah lisin dalam banyak produk. Penurunan jumlah lisin bervariasi berdasarkan metode pengolahan, durasi, dan kondisi penyimpanan. Matthews (2020) melaporkan bahwa lisin adalah asam amino yang sangat diperlukan dan penting untuk pertumbuhan.

Karakteristik Tepung Tulang Ikan Lele

Total kalsium

Rata-rata kadar kalsium dari metode penepungan ekstraksi asam basa $323,81 \pm 0,33$ mg/g dan kadar kalsium dari metode penepungan presto adalah $212,10 \pm 2,01$ mg/g. Berdasarkan analisis t-test, metode penepungan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap total kalsium tepung tulang ikan lele. Total kalsium tepung tulang ikan lele yang dihasilkan dari metode ekstraksi asam basa lebih besar dibandingkan dengan metode presto. Total kalsium hasil penelitian lebih tinggi jika dibandingkan dengan standar kalsium International of Seafood Alaska (ISA) (2002), yaitu 119 mg/g tepung tulang ikan.

Kusumaningrum & Asikin (2016) melaporkan bahwa kadar kalsium suatu produk dipengaruhi oleh jenis ikan, konsentrasi tepung tulang yang ditambahkan dan metode pembuatan tepung yang digunakan. Pembuatan tepung tulang ikan sebagai sumber kalsium pada penelitian ini menggunakan metode asam basa dengan larutan NaOH dan HCl untuk menghidrolisis protein agar dapat menghasilkan tepung tulang dengan kadar kalsium yang tinggi. Rohmah *et al.* (2022) juga menyatakan bahwa penggunaan suhu dan tekanan yang tinggi pada proses ekstraksi kalsium pada tulang sotong mampu meningkatkan kadar kalsium pada tepung yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena pada suhu dan tekanan yang semakin meningkat, protein dalam tulang akan mengalami deproteinisasi sehingga protein akan terhidrolisis dan mampu meningkatkan jumlah mineral dalam tulang seperti mineral kalsium.

Table 4 Physical and chemical characteristics of catfish bone flour
Tabel 4 Karakteristik fisik dan kimia tepung tulang ikan lele

Parameter	Research result	Catfish bone flour ^a
Whiteness (%)	94.65±1.96	64.58±0.15
Water absorption capacity (mL/g)	8.36±0.14	1.80±0.01
Oil absorption capacity (g/g)	6.47±0.31	2.03±0.56
Water (%)	4.17±0.35	8.65±0.06
Ash (%)	85.88±0.72	72.77±0.05
Protein (%)	1.48±0.18	26.36±0.03
Fat (%)	1.27±0.38	5.53±0.34
Calcium levels (mg/g)	323.81±0.33	477.3±0.42

^aWidiyawati (2011)

Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Tulang Ikan Terbaik

Tepung tulang ikan terpilih adalah tepung tulang yang dibuat menggunakan metode ekstraksi asam basa dengan nilai total kalsium tertinggi. Karakteristik fisik dan kimia tepung tulang ikan terbaik disajikan pada *Table 4*.

Derajat putih hasil penelitian 94,65±1,96%. Derajat putih yang dihasilkan dari metode asam basa lebih baik daripada derajat putih hasil penelitian (Pradipta, 2016) menggunakan metoda presipitasi NaOH 88,11%. Derajat putih merupakan metode evaluasi yang menilai sejauh mana tingkat keputihan suatu bahan, yang sangat berhubungan dengan daya tarik konsumen. Semakin tinggi nilai warna tersebut, maka semakin disukai oleh konsumen (Rieuwpassa, 2014). Daya serap air tepung tulang sebesar 8,36±0,14 g/mL, artinya setiap 8,36 g tepung tulang dapat menyerap 1 mL air. Hasil penelitian Widyawati (2011) daya serap air tepung tulang ikan lele menggunakan metoda basah 1,80±0,01%. Hasil ini menandakan kualitas tepung tulang hasil penelitian Widyawati (2011) lebih baik. Hasil pengujian daya serap minyak sebesar 6,47±0,31%, ini berarti setiap 6,47 g tepung tulang mampu menyerap 1 mL minyak. Daya serap minyak adalah sifat yang dapat menunjukkan adanya interaksi suatu bahan pangan terhadap penyerapan minyak. Tepung tulang ikan lele hasil penelitian memiliki kadar air

4,17±0,35% dan kadar lemak 1,27±0,38. Rozi & Ukhti (2021) melaporkan bahwa kadar air dan lemak tepung tulang ikan tuna sirip kuning menunjukkan perlakuan terbaik pada suhu 110°C dengan kadar air 9,27% dan kadar lemak 7,75%. Kusumaningrum *et al.* (2021) melaporkan bahwa hasil pengujian tepung tulang ikan belida metode alkali untuk kadar air 2,91±0,03% dan kadar lemak 0,71±0,08%.

KESIMPULAN

Metode terbaik pembuatan KPI lele adalah ekstraksi menggunakan pelarut isopropil alkohol jumlah ekstraksi 3 kali. KPI terpilih memiliki 8 jenis asam amino esensial dan 7 asam amino non esensial. Metode terbaik pembuatan tepung tulang ikan lele adalah ekstraksi asam basa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, S., Schop, M., de Boer, I. J. M., & Huppertz, T. (2022). Protein quality in perspective: a review of protein quality metrics and their applications. *Nutrients*, 14(5), 947. <https://doi.org/10.3390/nu14050947>
- Akhade, A. R., Koli, J. M., & Sadawarte, R. K. (2016). Functional properties of fish protein concentrate extracted from ribbon fish, *Lepturacanthus savala* by different methods. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*, 7(2), 274–283. <https://doi.org/10.15740/has/ijppht/7.2/274-283>
- Anggraeni, N., & Handayani, H.T. (2022).

- Penerimaan konsumen dan nilai gizi cendol ikan lele (*Clarias batrachus*) dengan penambahan serbuk kopi. *Agromix*, 13(1), 1-8.
- Anugrahati, N. A., Santoso, J., & Pratama, I. (2012). Pemanfaatan konsentrat protein ikan (KPI) patin dalam pembuatan biskuit. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(1), 45-51. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v15i1.5332>
- Arsil, Y., & Asih, E. R. (2023). Sifat fungsional *choux pastry* kering dengan substitusi konsentrat protein ikan gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(2), 260-270. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.43088>
- Asih, E. R., & Arsil, Y. (2022). Pengaruh kemasan terhadap mutu *choux pastry* kering yang disubstitusi konsentrat protein ikan gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 107-117. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.37970>
- Asriani, A., Santoso, J., & Listyarini, S. (2018). Nilai gizi konsentrat protein ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) ukuran jumbo. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1(2), 77-86. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i2.7257>
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-2354.4:2006. Cara uji kimia - Bagian 4: Penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan. 1-16.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI 2354.1:2010. Cara Uji Kimia - Bagian 1: penentuan kadar abu dan abu tak larut dalam asam pada produk perikanan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 01-2346:2015. Pedoman pengujian sensori pada produk perikanan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2354.2-2015. Cara uji kimia-Bagian 2: Penentuan kadar air pada produk perikanan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2354-3:2017. Cara Uji Kimia - Bagian 3: Penentuan kadar lemak total pada produk perikanan.
- Beuchat, L. R. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(2), 258-261. <https://doi.org/10.1021/jf60210a044>
- Chan, S.S., Roth, B., Jessen, F., Jakobsen, A.N., Lerfall, J. (2021). Water holding properties of Atlantic salmon. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*. 21, 477-498.
- Dewita., Syahrul., & Febriansyah, R. (2012). Pola penerimaan siswa sekolah dasar terhadap produk makanan jajanan berbahan baku konsentrat protein ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) di Kabupaten Kampar, Riau. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(3), 216-222. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v15i3.21419>
- Dewita., Syahrul., & Isnaini. (2011). Pemanfaatan konsentrat protein ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) untuk pembuatan biskuit dan snack. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(1), 30-34. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v14i1.3426>
- Firlianty., Elita., Krismonita, Y., Rario., Bugar, N., & Najamuddin, A. (2021). Potensi tulang ikan patin (*Pangasius sp.*) sebagai sumber kolagen sabun mandi padat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 107-112. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i1.33235>
- Food and Agriculture Organization. (1986). Fish protein concentrate. <https://www.fao.org/3/X6899e/X6899E04.htm#3.4> Fish Protein Concentrates (FPC)
- Ilminingtyas, D., Handayani, W., & Kartikawati, D. (2014). Stik lele alternatif diversifikasi olahan lele (*Clarias sp.*) tanpa limbah berkalsium tinggi. *Jurnal Ilmiah Serat Acitya*, 4(1), 109-117.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). Statistik KKP (Satu Data).
- Kumoro, A. C., Wardhani D. H., Kusworo, T. D., Djani, M., Ping, T. C., & Azis, Y. M. F., (2022). Fish protein concentrate for human consumption: A review of its preparation by solvent extraction methods and potential for food applications. *Annals of Agricultural*

- Sciences*, 67(1), 42–59. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2022.04.003>
- Kusumaningrum, I., & Asikin, A. N. (2016). Karakteristik kerupuk ikan fortifikasi kalsium dari tulang ikan belida. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 233-240. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.3.233>
- Kusumaningrum, I., Sutono, D., Pamungkas, B. F. (2016). Pemanfaatan Tulang Ikan Belida Sebagai Tepung Sumber Kalsium Dengan Metode Alkali. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(2), 148-155. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.2.148>
- Matthews, D. E. (2020). Review of lysine metabolism with a focus on humans. *The Journal of Nutrition*, 150(1), 2548-2555.
- Murniyati, Dewi, F. R., Peranginangin, R., & Suryaningrum, D. (2014). Teknik Pengolahan Tepung Kalsium dari Tulang Ikan Nila. PT Penerbit Penebar Swadaya.
- Nurhayati, T., Nurjanah, & Sanapi, C. H. (2013). Karakterisasi hidrolisat protein ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16(3), 207-214. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v16i3.8058>
- Oluwaniyi, O. O., Dosumu, O. O., & Awolola, G. V. (2017). Effect of cooking method on the proximate, amino acid, and fatty acid compositions of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. *Journal of The Turkish Chemical Society*, 4(1), 115–132. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.53143>
- Phadtare, M. C., Ranveer, R. C., Rathod, N. B., Sharangdhar, S. T., Swami, S. B., Vartak, V. R., Koli, J. M., & Pujari, K. H. (2021). Extraction, characterization and utilization of fish protein concentrate. *Aquatic Food Studies*, 1(2), 1-10. AFS47. <https://doi.org/10.4194/AFS47>
- Pradipta, R. W. (2016). Isolasi mikro kalsium dari tepung tulang lele dumbo dengan metode presipitasi NaOH. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada.
- Rieuwpassa, F. J. (2014). Karakterisasi sifat fungsional dan nilai gizi konsentrat protein telur ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) serta aplikasinya dalam formulasi makanan bayi pendamping ASI. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., & Karaeng, M. C. (2020). Analisis fisiko kimia konsentrat protein ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diekstrak menggunakan pelarut etanol. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 45-52.
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., & Lasaru, D. C. (2018). Karakterisasi sifat fungsional konsentrat protein ikan sunglir (*Elagatis bipinnulatus*). *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(2), 177-183.
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., Cahyono, E., Tomaso, A. M., Ansar, N. M. S., Tanod, W. A., Nadia, L. M. H., Ramadhan, W., Ilhamdy, A. F., & Rieuwpassa, F. (2022). Extraction and characterization of fish protein concentrate from Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Food Research*, 6(4), 92-99.
- Rohmah, N., Kurniasih., Ayu, R., & Sumardianto. (2022). Pengaruh perbedaan metode ekstraksi terhadap karakteristik tepung tulang sotong (*Sepia* sp.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2022.13097>
- Rozi, A., & Ukhti, N. (2021). Karakteristik tepung tulang ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) sebagai sumber kalsium dengan perlakuan suhu pengeringan yang berbeda. *Jurnal Fishtech*, 10(1), 25-34. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v10i1.13154>
- Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 648–661. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1042-7>
- Suprayitno, E., Sulistiyani., & Titik, D. (2017). *Metabolisme Protein*. Tim UB Press.
- Widiyawati, L. (2011). Pemanfaatan konsentrat protein dan tepung tulang ikan lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) dalam makanan bayi pendamping ASI. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Wijayanti, I., Surti, T., Agustini, T. W., & Darmanto, Y. S. (2014). Perubahan asam amino surimi ikan lele dengan frekuensi pencucian yang berbeda. *Jurnal*

Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia,
17(1), 29-41. [https://doi.org/10.17844/
jphpi.v17i1.8135](https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i1.8135)
Yakhin, L. A., Wijaya, K., & Santoso, J. (2013).
Peningkatan kualitas gel sosis ikan lele

dengan penambahan tepung *Gracillaria
gigas*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan
Indonesia*, 16(2), 177-182. [https://doi.
org/10.17844/jphpi.v16i2.8052](https://doi.org/10.17844/jphpi.v16i2.8052)