

## KARAKTERISTIK KALSIUM DARI TULANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) YANG DIEKSTRAKSI MENGGUNAKAN LARUTAN HCl

Sri Mulyani\*, Diandela Rohmeita, Anang M. Legowo,

Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia  
\*Korespondensi: E-mail: [srimulyani@lecturer.undip.ac.id](mailto:srimulyani@lecturer.undip.ac.id)

### ABSTRACT

**Background:** Milkfish bones are waste from the fishing industry that has not been utilized properly and has the potential to pollute the environment. Milkfish bones contain high minerals, especially calcium minerals. The high calcium content in fish bones has the potential to be used as an alternative source of calcium. However, to release the bonds of calcium and collagen, special treatment is needed. The treatment that can be done is an immersion in HCl accompanied by high temperatures. Extraction with HCl is able to break calcium and collagen bonds and increase the availability of calcium in the resulting product.

**Objectives:** This study aims to determine the characteristics of water content, yield, solubility in acid and water, calcium levels, and calcium whiteness from extracted milkfish bones with different concentrations of HCl.

**Methods:** The experimental design used was a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 5 replications. This research consisted of 4 treatments in the form of calcium extraction with different concentrations of HCl at 85 ° C which included T<sub>1</sub> (0.5N), T<sub>2</sub> (1N), T<sub>3</sub> (1.5N), and T<sub>4</sub> (2N). The data analysis used was the Analysis of Variance (ANOVA) at the 0.05 significance level, followed by the Duncan test if there was a significant effect.

**Results:** The analysis showed that calcium extraction with different HCl concentrations had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on yield, solubility in acid and water, and degree of whiteness, while it had not significant effect on water content. The product calcium level decreases with increasing HCl concentration.

**Conclusion:** Calcium extraction treatment with a concentration of 0.5 N HCl gave the best results with the highest yield and calcium content, high whiteness, low water content, and good acid and water solubility.

**Keyword:** Calcium, HCl, Fish Bone, Milkfish

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Tulang ikan bandeng merupakan limbah dari industri perikanan yang belum bisa dimanfaatkan dengan baik serta berpotensi mencemari lingkungan. Tulang ikan bandeng mengandung mineral yang tinggi, terutama mineral kalsium. Kandungan kalsium yang tinggi dalam tulang ikan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kalsium alternatif. Namun untuk melepaskan ikatan kalsium dan kolagen diperlukan perlakuan khusus. Perlakuan yang dapat dilakukan adalah perendaman dengan HCl disertai suhu yang tinggi. Ekstraksi dengan HCl mampu memutuskan ikatan kalsium dan kolagen serta meningkatkan ketersediaan kalsium dalam produk yang dihasilkan.

**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kadar air, rendemen, kelarutan dalam asam dan air, kadar kalsium serta derajat putih kalsium dari tulang ikan bandeng yang diekstraksi dengan konsentrasi larutan HCl yang berbeda.

**Metode:** Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Percobaan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 kali ulangan. Penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan berupa ekstraksi kalsium dengan konsentrasi HCl berbeda pada suhu 85° C yang meliputi T<sub>1</sub>(0,5N), T<sub>2</sub> (1N), T<sub>3</sub> (1,5N), dan T<sub>4</sub> (2N). Analisis data yang digunakan merupakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf signifikansi 0,05 yang dilanjutkan dengan uji Duncan apabila terdapat pengaruh nyata.

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi kalsium dengan konsentrasi HCl berbeda memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap rendemen, kelarutan dalam asam dan air, serta derajat putih, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air. Kadar kalsium produk turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi HCl.

**Simpulan:** Perlakuan ekstraksi kalsium dengan konsentrasi HCl 0,5 N memberikan hasil terbaik dengan rendemen dan kadar kalsium tertinggi, derajat putih yang tinggi, kadar air yang rendah serta kelarutan dalam asam dan air yang baik.

**Kata kunci:** Kalsium, HCl, Tulang Ikan, Ikan Bandeng

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang merupakan habitat asli ikan bandeng, sehingga ikan bandeng banyak ditemukan dan mudah dibudidayakan di Indonesia. Beberapa tahun terakhir berkembang industri pengolahan ikan bandeng cabut duri. Sebagian besar industri tersebut masih dikelola secara *home industry*, sehingga limbahnya belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat seperti kotoran, kepala serta tulang ikan biasanya dibuang ke lingkungan atau diolah menjadi pakan ternak. Jumlah keseluruhan limbah padat berupa tulang dari ikan berkisar 10 – 15 % dari berat ikan tidak termasuk kulit.<sup>1</sup> Khusus untuk industri bandeng cabut duri, akan menghasilkan limbah tulang yang lebih banyak beserta durinya. Tulang ikan terdiri dari komponen organik dan anorganik dengan komponen utamanya berupa kolagen, kalsium dan fosfor. Setiap spesies ikan memiliki komposisi tulang ikan yang berbeda – beda, namun komponen utamanya tetap sama. Misalnya pada tulang ikan hoki yang terdiri dari 30,54 % bahan organik yang sebagian besar berupa kolagen tipe I dan 69,46% bahan anorganik berupa mineral kalsium (59,69%) dan fosfor (35,81%).<sup>2</sup> Berdasarkan komposisi tulang ikan tersebut diketahui bahwa tulang ikan bandeng memiliki kandungan mineral kalsium yang tinggi. Kandungan mineral kalsium yang tinggi dalam tulang ikan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber kalsium dan dapat mengurangi keberadaan limbah tulang ikan bandeng di lingkungan serta meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tulang ikan bandeng.

Kalsium merupakan mineral esensial yang diperlukan oleh tubuh untuk berbagai proses metabolisme dan pembentukan tulang. Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan dapat menyebabkan kelainan tulang pada anak – anak, sedangkan pada orang dewasa kekurangan kalsium dapat menyebabkan tulang kehilangan massanya dan menjadi rapuh. Pemenuhan kebutuhan kalsium harian sangat penting bagi tubuh, dan hanya dapat dipenuhi melalui konsumsi pangan sumber kalsium. Sumber kalsium yang banyak dikenal oleh masyarakat adalah susu dan produk turunannya. Namun terdapat orang yang alergi terhadap protein susu, serta banyak masyarakat Indonesia yang tidak dapat mengkonsumsi produk susu. Tulang ikan merupakan salah satu alternatif sumber kalsium yang baik. Hal tersebut dibuktikan dengan beberapa penelitian yang menyebutkan bahwa ikan kecil yang dikonsumsi beserta tulangnya merupakan sumber kalsium yang baik sebanding dengan kalsium dari susu skim bagi pertumbuhan tikus,<sup>3</sup> serta kalsium

dari tulang ikan dapat diserap dengan baik oleh tubuh manusia maupun hewan, dan penyerapannya sebanding dengan suplemen kalsium karbonat komersial.<sup>4</sup> Tepung tulang dari ikan bandeng mengandung kadar air 5,44%, kadar abu 30,47%, kadar lemak 23,06%, protein 35,22%, karbohidrat 5,18% dan kalsium 9,68%.<sup>5</sup>

Kalsium dalam tulang ikan banyak ditemukan dalam bentuk kristal hidroksiapatit yang melekat erat dalam jaringan matriks kolagen. Diperlukan perlakuan khusus untuk melepaskan ikatan antara kalsium dengan kolagen. Perendaman dalam larutan asam disertai dengan pemanasan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk melepaskan kalsium dari matriks kolagen. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa larutan asam dapat digunakan untuk ekstraksi kalsium pada tulang ikan bandeng diantaranya, perebusan tulang ikan dengan larutan HCl 1 N menghasilkan produk tepung tulang ikan bandeng dengan kadar abu yang tinggi.<sup>6</sup> Ekstraksi nanokalsium tulang ikan nila dengan larutan HCl 1 N<sup>7</sup> dan ekstraksi kalsium dari cangkang krustasea dengan konsentrasi yang berbeda menghasilkan rendemen produk yang berbeda.<sup>8</sup> Penelitian tepung kalsium dari tulang ikan bandeng sudah pernah dilakukan, namun belum spesifik pada pengujian kadar kalsium, sifat kelarutan dan derajat putih serta kajian pengaruh berbagai konsentrasi asam klorida. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia kalsium dari tulang ikan bandeng yang diekstraksi dengan larutan HCl pada konsentrasi yang berbeda.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – Oktober 2020 di Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang. Rancangan percobaan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 kali pengulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Perlakuan yang diterapkan yaitu ekstraksi dengan konsentrasi HCl berbeda yang meliputi T<sub>1</sub> 0,5N; T<sub>2</sub> 1N; T<sub>3</sub> 1,5N; T<sub>4</sub> 2 N. Kandungan kalsium dan ikatan silang pada komponen berbagai jenis tulang berbeda, sehingga perlu dilakukan optimasi konsentrasi ion H<sup>+</sup> agar diperoleh tepung kalsium dengan yield yang maksimal

Tulang ikan bandeng dibersihkan dari sisa daging yang masih menempel dengan cara direbus selama 30 menit kemudian dicuci sampai bersih. Tulang ikan bandeng yang telah bersih kemudian dimasukkan kedalam panci presto dan direbus dengan tekanan tinggi selama 30 menit. Setelah itu tulang

ikan bandeng dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama 12 jam. Selanjutnya tulang ikan bandeng dikecilkan ukurannya dengan cara digiling dan disaring dengan ukuran 20 mesh.

Ekstraksi kalsium pada tulang ikan bandeng dilakukan dengan cara sebanyak 150 g bubuk kasar tulang ikan bandeng dihidrolisis dengan HCl 1N selama 24 jam. Residu dan filtrat dipisahkan dengan cara dekantasi. Residu dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan larutan HCl pada masing – masing perlakuan dengan perbandingan sampel dan larutan 1 : 3. Selanjutnya sampel dipanaskan pada suhu 85°C selama 1 jam dan didinginkan. Tahap ini diulang 3 kali tanpa penggantian larutan. Sampel disampel dicuci dengan akuades hingga pH sampel mendekati netral. Sampel dikeringkan pada suhu 50°C selama 12 jam. Selanjutnya dikecilkan ukurannya hingga sampel menjadi tepung berukuran 250 mesh<sup>6</sup>.

Parameter yang diuji dalam penelitian ini antara lain yaitu, kadar air dengan metode oven, kelarutan asam dan kelarutan. Kelarutan diukur

menggunakan metode sampel dilarutkan dalam HCl pH 2,1 dan akuades. Derajat putih dengan metode *colorimeter*, rendemen dengan metode perbandingan berat awal dan akhir, dan kadar kalsium dengan metode *Atomic Absorption Spectrometer (AAS)*<sup>9</sup>. Data hasil analisis kadar air, rendemen, derajat putih dan kelarutan dalam air serta asam dianalisis menggunakan program komputer SPSS dengan metode *Analysis of Varians (ANOVA)* pada taraf signifikansi 0,05. Jika perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diuji, maka dilanjutkan dengan analisis *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)*. Parameter kadar kalsium dijelaskan secara deskriptif.

## HASIL

Hasil analisis kadar air, kadar kalsium, kelarutan dalam air, kelarutan dalam asam, rendemen dan derajat putih kalsium dari tulang ikan bandeng yang diekstraksi dengan konsentrasi larutan HCl berbeda ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Karakteristik Fisikokimia Kalsium dari Tulang Ikan Bandeng Hasil Ekstraksi Larutan HCl**

Parameter	Perlakuan			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
<b>Kadar Air (%)</b>	2,76 ± 0,43 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,03 <sup>a</sup>	2,58 ± 0,39 <sup>a</sup>	2,78 ± 0,43 <sup>a</sup>
<b>Rendemen (%)</b>	29,86 ± 0,97 <sup>d</sup>	23,59 ± 0,91 <sup>c</sup>	15,01 ± 0,40 <sup>b</sup>	4,83 ± 0,30 <sup>a</sup>
<b>Kelarutan</b>				
Asam (%)	13,60 ± 0,55 <sup>bc</sup>	14,00 ± 0,71 <sup>c</sup>	12,40 ± 1,14 <sup>ab</sup>	11,40 ± 1,14 <sup>a</sup>
Air (%)	6,56 ± 0,84 <sup>b</sup>	6,32 ± 0,88 <sup>b</sup>	4,54 ± 0,55 <sup>a</sup>	4,36 ± 0,54 <sup>a</sup>
<b>Derajat Putih (%)</b>	89,75 ± 2,01 <sup>ab</sup>	89,98 ± 1,39 <sup>ab</sup>	91,04 ± 0,71 <sup>b</sup>	87,80 ± 2,01 <sup>a</sup>
<b>Kadar Kalsium (%)</b>	23,99	22,43	21,32	19,92

Keterangan : \*superskrip huruf kecil menunjukkan adanya perbedaan nyata P<0,05. Data ditampilkan sebagai nilai rata-rata dari 5 ulangan ± SD. Perlakuan ekstraksi HCl dengan konsentrasi T<sub>1</sub> (0,5 N), T<sub>2</sub> (1 N), T<sub>3</sub> (1,5 N) dan T<sub>4</sub> (2 N).

### Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh pada Tabel 1. menunjukkan bahwa kadar air kalsium dari tulang ikan bandeng berkisar 2,58 % – 2,96 %. Perlakuan T<sub>3</sub> memiliki kadar air terendah sebesar 2,58 %, sedangkan perlakuan T<sub>2</sub> memiliki kadar air tertinggi sebesar 2,96 %. Namun, perlakuan ekstraksi dengan konsentrasi HCl yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air produk.

### Rendemen

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa rendemen kalsium dari tulang ikan bandeng mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan HCl dengan rendemen terendah terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub> sebesar 4,83 %, sedangkan rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan T<sub>1</sub> sebesar 29,86%. Perlakuan ekstraksi dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen kalsium yang dihasilkan

dengan perbedaan nyata pada setiap perlakuan yang diberikan.

### Kelarutan

Kelarutan kalsium dari tulang ikan bandeng dalam larutan asam pada pH 2 serta air dapat dilihat pada Tabel 1. Kelarutan dalam asam tertinggi terdapat pada perlakuan T<sub>2</sub> sebesar 14 %, sedangkan kelarutan dalam asam terendah terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub> sebesar 11,40 %. Kelarutan kalsium dari tulang ikan bandeng dalam air lebih rendah dibandingkan dengan kelarutan kalsium dalam asam. Kelarutan kalsium dalam air tertinggi terdapat pada perlakuan T<sub>1</sub> sebesar 6,56% dan kelarutan dalam air terendah terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub> sebesar 4,36 %.

### Derajat Putih

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa kalsium dari tulang ikan bandeng memiliki derajat putih tertinggi pada perlakuan T<sub>3</sub> sebesar 91,04 %. Derajat putih terendah sebesar 87,80 % terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub>. Perlakuan ekstraksi dengan konsentrasi HCl yang berbeda berpengaruh nyata terhadap derajat

putih kalsium yang dihasilkan dengan perlakuan T<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub> tidak berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>3</sub> dan T<sub>4</sub>, akan tetapi Perlakuan T<sub>3</sub> berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>4</sub>.

### Kadar Kalsium

Pada Tabel 1. dapat dilihat bahwa kadar kalsium produk mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi HCl yang digunakan. Kadar kalsium tertinggi terdapat pada T<sub>1</sub> (23,99%), kemudian T<sub>2</sub> (22,43%), dan T<sub>3</sub> (21,32 %). Perlakuan yang menghasilkan kadar kalsium terendah terdapat pada T<sub>4</sub> dengan kadar kalsium 19,92%.

## PEMBAHASAN

### Kadar Air

Perlakuan ekstraksi kalsium dengan konsentrasi HCl yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air produk yang dihasilkan. Kadar air terendah (2,58%) pada produk terdapat pada perlakuan T<sub>3</sub> dengan perlakuan konsentrasi HCl 1,5N. Akan tetapi, seluruh perlakuan yang diberikan menghasilkan produk dengan kadar air yang rendah berkisar 2,58 – 2,96%. Kadar air dari produk yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar air tepung tulang ikan bandeng yang berkisar 14,20 – 14,62 %, <sup>10</sup> namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar air nanokalsium dari tulang ikan tuna sirip kuning yang berkisar 0,33%. <sup>11</sup> Perbedaan nilai kadar air tersebut diduga akibat adanya perbedaan teknik pengeringan dan metode pembuatan produk. Ukuran produk dalam nanokalsium cenderung memiliki kadar air yang rendah karena pada saat proses pengeringan luas permukaan yang terkena pisa semakin besar, sehingga penguapan air semakin mudah. Namun demikian kadar air tepung kalsium pada penelitian ini tergolong rendah kurang dari 5%. Kadar air yang rendah pada produk membuat produk aman disimpan dalam jangka waktu yang lama. Hal tersebut dikarenakan kadar air yang rendah dalam bahan pangan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, serta membuat bahan pangan lebih mudah diaplikasikan sebagai bahan tambahan dalam berbagai produk. <sup>12</sup>

### Rendemen

Rendemen merupakan parameter yang sangat penting untuk menentukan nilai ekonomis produk dan efektifitas dari perlakuan yang diberikan, semakin tinggi nilai rendemen produk semakin efektif perlakuan yang diberikan. Rendemen produk yang dihasilkan berkisar 4,83 – 29,86 % dengan rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan T<sub>1</sub> dan rendemen terendah terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub>. Rendemen dari produk mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi HCl. Hal tersebut

dikarenakan semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan untuk ekstraksi kalsium, semakin kuat kemampuan larutan dalam mengekstrak senyawa dalam bahan dan semakin banyak senyawa dalam bahan yang bereaksi dengan larutan untuk mencapai kesetimbangan reaksi akibatnya semakin banyak senyawa dalam bahan yang larut dalam larutan. Ekstraksi dengan larutan asam membuat senyawa organik seperti protein dan lemak dalam tulang ikan bandeng larut dalam larutan dan ikut terbuang bersama larutan. <sup>6</sup> Nilai rendemen produk yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan rendemen kalsium dari ikan cakalang yang berkisar 40%, <sup>13</sup> akan tetapi tidak jauh berbeda dengan nilai rendemen tepung tulang ikan tuna hasil perlakuan hidrolisis protein yang berkisar 28,85%. <sup>14</sup>

### Kelarutan

Kelarutan kalsium yang diekstraksi dengan konsentrasi HCl berbeda dalam larutan asam pH 2 berkisar antara 11,40 – 14,00 %. Perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap kelarutan produk dalam asam, dengan nilai kelarutan tertinggi terdapat pada perlakuan T<sub>2</sub>, namun tidak berbeda nyata dengan T<sub>1</sub>. Kelarutan produk dalam larutan asam cukup baik, hal ini dikarenakan kalsium lebih mudah larut dalam keadaan asam. Pelarut asam akan memberikan ion H<sup>+</sup> yang akan bereaksi dengan anion dari garam kalsium sehingga garam kalsium dapat terpecah dan larut dalam larutan. <sup>15</sup> Hal tersebut juga membuat kelarutan kalsium dalam asam lebih tinggi jika dibandingkan kelarutan kalsium dalam air. Pelarut asam dengan pH 2 digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kemudahan kalsium diserap oleh tubuh. Namun parameter ini hanya dapat digunakan untuk memperkirakan penyerapan kalsium dalam tubuh, untuk memastikannya diperlukan analisis bioavailabilitas secara *in vivo*. Kelarutan kalsium dapat menentukan batas konsentrasi kalsium yang dapat diserap oleh tubuh, karena tubuh tidak dapat menyerap garam kalsium seperti kalsium fosfat. <sup>16</sup> Kelarutan produk lebih rendah jika dibandingkan dengan kelarutan kalsium dari tulang ikan *silver carb* yang berkisar 19,27 %. <sup>17</sup> Perbedaan tersebut dapat dikarenakan jenis ikan yang berbeda. Jenis ikan yang berbeda memiliki komposisi senyawa yang berbeda sehingga dapat mempengaruhi kelarutan kalsium.

Perlakuan ekstraksi kalsium dengan konsentrasi berbeda berpengaruh nyata terhadap kelarutan produk dalam air. Perlakuan T<sub>1</sub> tidak berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>2</sub> dan perlakuan T<sub>3</sub> tidak berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>4</sub>, sedangkan perlakuan T<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub> berbeda nyata dengan perlakuan T<sub>3</sub> dan T<sub>4</sub>. Nilai kelarutan dalam air produk cukup rendah berkisar 4,36 – 6,56%, namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelarutan tepung tulang ikan

*madidihang* yang berkisar 2,12% dengan perlakuan perebusan dalam air.<sup>18</sup> Ekstraksi kalsium dengan larutan asam pada tulang ikan menghasilkan lebih banyak kalsium yang mudah larut.<sup>19</sup> Kelarutan kalsium dalam air rendah dikarenakan kalsium merupakan senyawa yang berikatan kuat dengan anion yang mengandung oksigen seperti  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , dan  $\text{OH}^-$ , hal ini mengurangi interaksi antara ion kalsium dengan molekul air. Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh struktur dan ikatan molekul dalam zat tersebut, zat dapat larut dalam air apabila zat dapat melepas ion yang cocok dengan struktur air serta memiliki peran yang mirip atau sama dengan molekul air.<sup>16</sup>

Kelarutan kalsium dipengaruhi oleh spesies ikan dikarenakan spesies ikan yang berbeda memiliki struktur tulang yang berbeda. Senyawa dalam struktur tulang seperti florid dan magnesium dapat mempengaruhi kelarutan kalsium. Banyak penelitian yang menyebutkan bahwa senyawa florid dapat menghambat kelarutan kalsium, sedangkan senyawa magnesium dapat meningkatkan kelarutan kalsium. Kelarutan kalsium juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan karbonat. Pada produk hidroksiapatit semakin banyak produk kehilangan karbonat selama proses pembuatan produk, semakin rendah kelarutan produk.<sup>20</sup> Produk dengan kelarutan yang baik lebih mudah diaplikasikan dalam produk pangan dan lebih mudah dicerna oleh tubuh.

### Derajat Putih

Perlakuan ekstraksi kalsium dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata terhadap nilai derajat putih produk. Perlakuan ekstraksi kalsium dengan konsentrasi yang berbeda menghasilkan produk dengan derajat putih yang tinggi, hal ini dikarenakan ekstraksi dengan larutan asam mengurangi senyawa organik seperti lemak, protein dan karbohidrat yang terdapat dalam tulang ikan. Keberadaan senyawa organik dalam tulang ikan akan memberikan warna kurang putih pada produk yang dihasilkan.<sup>21</sup> Nilai derajat putih kalsium dari tulang ikan bandeng berkisar 87,80% - 91,04% lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai derajat putih kalsium dari ikan cakalang yang berkisar 76,37%.<sup>13</sup> Nilai derajat putih produk dapat dipengaruhi oleh metode pembuatan dan spesies ikan yang digunakan. Nilai derajat putih kalsium dari tulang ikan bandeng paling tinggi terdapat perlakuan T<sub>3</sub>, sedangkan nilai derajat putih terendah terdapat pada perlakuan T<sub>4</sub>. Konsentrasi larutan dan suhu ekstraksi serta interaksi antara keduanya dapat mempengaruhi derajat putih dari produk yang dihasilkan.<sup>22</sup> Penggunaan larutan asam dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan produk memiliki warna kehitaman atau melanin, dikarenakan adanya senyawa indol triptopan

dengan aldehid yang berasal dari karbohidrat dalam bahan.<sup>7</sup> Nilai derajat putih produk yang tinggi mempresentasikan tingkat kemurnian warna putih yang tinggi. Produk yang memiliki warna yang putih lebih disukai sebagai bahan tambahan dalam bidang pangan.

### Kadar Kalsium

Kadar kalsium produk berkisar antar 19,92% - 23,99% dengan perlakuan T1 memiliki kadar kalsium tertinggi. Kadar kalsium produk mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi HCl yang digunakan untuk ekstraksi tulang ikan. Ekstraksi dengan larutan asam akan memutuskan ikatan antara kolagen dan kalsium. Hal tersebut membuat kalsium dapat terlepas dari matriks kolagen. Ekstraksi dengan konsentrasi asam yang tinggi dapat membuat kolagen terdestruksi dan larut dalam larutan asam.<sup>23</sup> Hal tersebut dapat membuat kalsium ikut terlarut dalam larutan dan ikut terbuang. Ekstraksi kalsium dengan konsentrasi yang semakin tinggi, membuat proses pencucian semakin lama untuk mendapatkan pH netral, hal ini dapat membuat kalsium dalam produk ikut terbuang bersama dengan akuades. Kadar kalsium produk lebih tinggi dibandingkan kadar kalsium tepung tulang ikan bandeng yang hanya berkisar 4%,<sup>24</sup> namun hampir sama dengan kadar kalsium tepung tulang ikan bandeng yang diberikan perlakuan asam asetat 0,5% disertai pemanasan dengan tekanan yang tinggi yang berkisar 24,51%.<sup>9</sup> Hal ini membuktikan bahwa perlakuan asam dapat meningkatkan keberadaan kalsium dalam produk. Ekstraksi HCl pada tulang ikan bandeng tidak dapat menghilangkan seluruh senyawa lain dalam tulang ikan seperti senyawa organik, sehingga menghasilkan produk dengan kadar kalsium yang tidak terlalu tinggi. Senyawa organik dalam tulang ikan dapat dihilangkan seluruhnya dengan perlakuan kalsinasi pada suhu 600° C selama 6 jam.<sup>10</sup>

### SIMPULAN

Perlakuan ekstraksi kalsium dari tulang ikan bandeng dengan konsentrasi yang berbeda memberikan karakteristik kadar air yang rendah, kelarutan dalam air dan asam yang baik, serta derajat putih dan kadar kalsium yang tinggi. Kadar kalsium produk akan turun seiring dengan naiknya konsentrasi HCl yang digunakan. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah ekstraksi kalsium dengan HCl 0,5N.

Ekstraksi kalsium dari tulang ikan bandeng dapat dilakukan menggunakan pelarut HCl 0,5 N. Untuk menindaklanjuti sifat kelarutannya yang baik pada larutan asam, diperlukan pengujian secara in

vitro tentang penyerapan sebagai sumber kalsium dalam tubuh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Spiraliga RR, Darmanto YS, Amalia U. Karakteristik nasi analog tepung mocaf dengan penambahan tepung rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan tiga jenis kolagen tulang ikan. *Jurnal Pengetahuan dan Bioteknologi Hasil Pertanian*. 2017; 6(1): 1 – 10.
- Jung WK, Park PJ, Byun HG, Moon SH, Kim SK. Preparation of hoki (*Johnius belengerii*) bone oligophosphopeptide with a high affinity to calcium by carnivorous intestine crude proteinase. *Food Chemistry*. 2005; 91: 333 – 340.
- Larsen T, Thilsted SH, Kongsbak K, Hansen M. Whole small fish as a rich calcium source. *British Journal of Nutrition*. 2000; 83 : 191–196
- Malde MK, Bugel S, Kristensen M, Malde G, Graff IE, Pedersen JI. Calcium from salmon and cod bone is well absorbed in young healthy men: a double blinded randomised crossover design. *Nutrition and Metabolism*. 2010; 7(61) : 1 – 9.
- Salitus S, Ilminingtyas D, Fatarina E. Penambahan tepung tulang Bandeng (*Chanos chanos*) dalam pembuatan kerupuk sebagai hasil samping Industri bandeng cabut duri. *Serat Acitya*, 2017, 6 (2) :81-92.
- Wulandari P, Khusumasari S. Effect of extraction methods on the nutritional characteristics of milkfish (*Chanos chanos Forsskal*) bone powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 383 : 1 - 5.
- Lekahena V, Faridah DN, Syarif R, Peranginangin R. Karakteristik fisikokimia nanokalsium hasil ekstraksi tulang ikan nila menggunakan larutan basa dan asam. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2014; 25(1): 57-64.
- Suptijah P, Losung F, Nugraha R. Isolasi dan karakterisasi mineral crustacean sebagai sumber potensial nanokalsium. Dalam Seminar Nasional Perikanan Indonesia, Sekolah Tinggi Perikanan. 2010 Hal. 367 – 360.
- Wang T. Preparation of milkfish bone powder by a novel bone-embrittlement technique and used in manufacturing high calcium egg roll. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2020; 8(2) : 95 – 101.
- Imra MF, Akhmadi, Abdiani IM, Irawati H. Karakteristik limbah tulang ikan bandeng (*Chanos chanos*) dari limbah industri baduri Kota Tarakan. *Jurnal TECHNO-FISH*. 2019; 3(2) : 60 – 69.
- Prinaldi WV, Suptijah P, Uju. Karakteristik nano-kalsium ekstrak tulang ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 2018; 21(3): 385 – 395.
- Kusumaningrum I, Santoso D, Pamungkas BF. Pemanfaatan tulang ikan belinda sebagai tepung sumber kalsium dengan metode alkali. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 2016; 19(2) : 148 – 155.
- Harmain RM, Dali FA, Husain R. Nanocalcium characterization of cakalang fish bone flour (*Katsuwonus pelamis* L). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 2018; 3(10) : 306 – 308.
- Trilaksani W, Salamah E, Nabil M. Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus* sp.) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 2006; 9(2) : 34 – 45.
- Meiron OE, Bar-David E, Afalo ED, Shechter A, Stepensky D, Berman A, Sagi A. Solubility and bioavailability of stabilized amorphous calcium carbonate. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2011; 26(2): 364 – 372.
- Horvath AL. Solubility of structural complicated material : II. Bone. *Journal of Physical and Chemical Reference*. 2006; 35 (4): 1653 – 1668.
- Yin T, Du H, Zhang J, Xiong S. Preparation and characterization of ultrafine fish bone powder. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2016; 25(7) : 1 – 27.
- Talib A, Suprayitno E, Hardoko A. Physico-chemical properties of madidihang (*Thunnus albacares Bonnaterrae*) fish bone flour in Ternate, North Moluccas. *International Journal of Biosciences*. 2014; 4(10) : 22 – 30.
- Hemung BO, Sriuttha M. Effects of Tilapia Bone Calcium on Qualities of Tilapia Sausage. *Agriculture and Natural Resource*. 2014; 48 : 790 – 798.
- Liu Q, Matinlinna JP, Chen Z, Ning C, Ni G, Pan H, Darvell BW. Effect of thermal treatment on carbonated hydroxyapatite : morphology, composition, crystal characteristics and solubility. *Ceramics International*. 2015; 41 : 6149 – 6157.
- Hanura AB, Trilaksani W, Suptijah P. Karakterisasi nanohidroksiapatit tulang tuna *Thunnus* sp. sebagai sediaan biomaterial. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2017; 9(2): 619 – 629.
- Cucikodana Y, Supriadi A, Purwanto B. Pengaruh perbedaan suhu perebusan dan konsentrasi NaOH terhadap kualitas bubuk tulang ikan gabus (*Channa striata*). *Fishtech*. 2012; 1(1) : 91 – 101.

23. Santoso C, Surti T, Sumardianto. Perbedaan penggunaan konsentrasi larutan asam sitrat dalam pembuatan gelatin tulang rawan ikan pari mondol (*Himantura gerrardi*). Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. 2015; 4(2) : 106 – 114.
24. Pramono A, Sulaiman F, Suryana, Milandia A. Calcination process on *chanos chanos forsk* (CCF) of milkfish bones to get hydroxyapatite (HAp) as composites application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019; 532 : 1 – 8.