

Pengaruh Nanokalsium terhadap Kekuatan Gel Kamaboko Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

Effect of The Nanocalcium on The Gel Strength of Kamaboko from Tilapia (*Oreochromis mossambicus*)

Indah Kurnia Dewi, Ima Wijayanti, Retno Ayu Kurniasih*

Departemen Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Jl. Prof Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

Penulis korespondensi: Retno Ayu Kurniasih, *E-mail*: retnoayukurniasih@lecturer.undip.ac.id

Tanggal submisi: 3 Juli 2019; Tanggal penerimaan: 21 November 2019

ABSTRAK

Tulang ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) sebagai hasil samping pada industri fillet ikan dan produk olahannya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan nanokalsium. Aplikasi nanokalsium pada pangan salah satunya adalah meningkatkan kualitas tekstur produk berbasis myofibril. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penambahan nanokalsium dengan konsentrasi berbeda terhadap karakteristik kamaboko dan menentukan konsentrasi optimumnya. Nanokalsium diproduksi dari tulang ikan Mujair dengan menggunakan larutan NaOH 1 N. Selanjutnya dilakukan pembuatan surimi dari daging ikan Mujair. Untuk memproduksi kamaboko, surimi ditambahkan dengan garam 3%, tepung terigu 5%, es 7%, dan nanokalsium dengan konsentrasi berbeda (0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% (b/b)) kemudian dilakukan pemanasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanokalsium dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kekuatan gel, *expressible moisture content*, kadar kalsium, dan uji lipat kamaboko. Perlakuan penambahan nanokalsium konsentrasi 1% menghasilkan kamaboko ikan Mujair dengan nilai kekuatan gel tertinggi (4445,36 g/cm²), *expressible moisture content* terendah (8,28 %), kadar kalsium (1,11%), nilai uji lipat tertinggi (3,385), serta morfologi gel yang terlihat lebih padat, kompak dan homogen dibandingkan kamaboko dengan nanokalsium 0%, 0,5%, dan 1,5%. Konsentrasi nanokalsium 1% efektif dapat meningkatkan kekuatan gel 49,32% dan uji lipat 34,69%, menurunkan nilai *expressible moisture content* 61,73%, serta memperbaiki tampilan morfologi gel kamaboko.

Kata kunci: Kekuatan gel; kamaboko; ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*); nanokalsium

ABSTRACT

Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) bone is a by-product of the fish fillet industry. The derived product from this fish has the potential to be used as a raw material of nanocalcium. Furthermore, the application of nanocalcium in food is to improve the texture quality of myofibril-based products. This research aimed is to examine the effect of adding different concentrations of nanocalcium on the characteristics of kamaboko, and also determine the optimum concentration. Nanocalcium was produced from the bones of Tilapia using NaOH 1N. Surimi was then made from Tilapia meat. To produce kamaboko, Surimi was mixed with 3% salt, 5% flour, 7% ice, and nanocalcium (0, 0.5, 1, and 1.5% (w/w)), and then heated. The result showed that the addition of different nanocalcium concentrations had a significant difference ($p < 0.05$) on the gel strength, expressible moisture content, calcium content, and the folding test of kamaboko. The addition of 1% nanocalcium concentration produced Tilapia kamaboko with the

highest gel strength of 4445.39 g/cm², lowest expressible moisture content of 1.11%, highest folding test value of 3.385, and the morphology of the gel looks more dense, compact and homogeneous compared to kamaboko with nanocalcium concentration of 0, 0.5 and 1.5%. The addition of 1% nanocalcium concentration can effectively increase the gel strength by 49.32%, folding test by 34.69%, reduce the value of expressible moisture content by 61.73% and improve the morphological appearance of kamaboko gel.

Keywords: Gel strength; kamaboko; Mujair fish (*Oreochromis mossambicus*); nanocalcium

PENDAHULUAN

Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) merupakan jenis ikan konsumsi yang hidup pada perairan tawar. Ikan Mujair mudah dibudidayakan dengan berbagai kondisi salinitas dan suhu yang berbeda sehingga ketersediaannya cukup melimpah. Produksi ikan Mujair di Provinsi Jawa Tengah mencapai 4.390, 3 ton pada tahun 2010 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2013). Berdasarkan data statistik dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (2019), ikan nila (*Oreochromis* sp.) merupakan ikan hasil budidaya terbesar kedua setelah ikan Bandeng di Indonesia. Produksi ikan nila pada tahun 2017 adalah 1.265.201 ton dengan peningkatan sebesar 45,06% dari tahun 2012 hingga 2017.

Protein yang terkandung pada ikan Mujair tergolong tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai sumber protein hewani bagi manusia. Widodo (2018) melaporkan protein pada ikan Mujair nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan daging dan telur (kandungan protein pada setiap 100 g sampel ikan Mujair 20 g; telur 12,8 g; daging ayam 18,2 g; dan daging sapi 18,8 g).

Kandungan protein yang tinggi pada ikan Mujair juga mendorong peningkatan produksi industri *fillet* dan produk olahannya seperti bakso dan naget. Peningkatan jumlah produksi ini berdampak pada melimpahnya jumlah hasil samping seperti tulang (sekitar 12% berat ikan). Pemanfaatan tulang ikan berupa tepung tulang ikan dan pakan memiliki nilai ekonomis rendah, sedangkan tulang ikan mengandung kadar kalsium tinggi. Hanura dkk. (2017) melaporkan tulang ikan mengandung kadar kalsium sebanyak 36%. Teknologi nanokalsium dari tulang merupakan perkembangan inovasi baru dalam aplikasi pangan.

Aplikasi penambahan nanokalsium pada produk pangan mulai banyak dilakukan diantaranya pada susu, biskuit, dan kerupuk. Umumnya nanokalsium ditambahkan untuk memenuhi kebutuhan gizi atau fortifikasi pangan, namun nanokalsium mempunyai fungsi lain yaitu mampu memperbaiki tekstur produk berbasis miofibril, seperti surimi dan kamaboko.

Hal ini diperkuat dengan penelitian Yin dkk. (2014) yang menyatakan bahwa penambahan nanokalsium yang berbeda pada surimi ikan *Pollock* Alaska dapat mempengaruhi tekstur surimi menjadi lebih padat dan kompak.

Penelitian mengenai surimi dari ikan air tawar telah dilakukan oleh Seighalani dkk. (2017), yaitu untuk mengetahui sifat fisikokimia surimi dari ikan Nila Merah (*O. niloticus*). Sementara itu, penelitian mengenai surimi dari ikan Mujair (*O. mossambicus*) dari berbagai area budidaya juga telah dilakukan oleh Kurniasih dkk. (2019). Pemanfaatan ikan air tawar, seperti ikan Mujair, sebagai bahan baku pembuatan surimi dan produk turunannya perlu dievaluasi lebih lanjut agar dapat digunakan sebagai alternatif pengganti ikan laut berkadar lemak rendah yang biasa digunakan sebagai bahan baku surimi.

Tekstur merupakan parameter utama pada produk turunan surimi salah satunya yaitu kamaboko. Surimi dan produk turunannya yang diproduksi dari ikan air tawar, umumnya memiliki tekstur yang kurang padat dan kurang kenyal. Oleh sebab itu, Seighalani dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai penambahan enzim transglutaminase untuk meningkatkan tekstur gel kamaboko ikan Nila Merah. Namun belum ada informasi mengenai penambahan nanokalsium untuk memperbaiki tekstur gel kamaboko dari ikan air tawar.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan konsentrasi nanokalsium yang berbeda terhadap kekuatan gel kamaboko. Pemanfaatan nanokalsium pada produk kamaboko merupakan alternatif baru yang diharapkan mampu memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik kamaboko. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakteristik fisik kamaboko ikan Mujair setelah penambahan nanokalsium dengan konsentrasi yang berbeda dan mengetahui konsentrasi optimumnya. Penambahan nanokalsium tulang ikan Mujair pada kamaboko ikan Mujair dengan konsentrasi yang tepat, diharapkan dapat meningkatkan kekuatan gel, sehingga dapat meningkatkan kualitas tekstur kamaboko.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) (Rawa Pening, Kabupaten Semarang), NaOH (CV Indrasari, Semarang), NaCl (CV Indrasari, Semarang), HNO₃ (Merck, Jerman), indikator Mr-BCG (Merck, Jerman), Asam Oksalat (Merck, Jerman), ammonium oksalat (Merck, Jerman), H₂SO₄ (Merck, Jerman), KMnO₄ (Merck, Jerman), dan kertas saring (Whatman No.1, Cina).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven (Binder, Inggris), *waterbath* (WiseBath, Korea), *ball mill* (Planetary Ball Mill PM 400, Jerman), grinder (Meat Grinder GTA TC-42A, Cina), sentrifuse dingin (Universal 320 R tipe 1406 Hettich, Jerman), *particle size analyzer* (Malvern Zetasizer, Instrument Ltd, Inggris), *texture analyzer* (TA Plus Ametek Lloyd Instrument Ltd, Inggris), *freeze dryer* (Heto Power dry LL 1500, Jepang), dan *Scanning electron microscopy* (SEM) (Jeol JSM 6510LA, Jepang).

Proses Pembuatan Nanokalsium

Proses pembuatan nanokalsium mengacu pada Lekahena dkk. (2014) yang telah dimodifikasi. Pertama, ikan dibersihkan dengan memisahkan tulang dan daging, kemudian dilakukan perebusan tulang selama 2 jam. Tulang ikan kemudian dikeringkan pada suhu 80 °C selanjutnya diekstraksi dengan NaOH 1 N dengan rasio 1:3 (b/v) selama 1 jam pada suhu 100 °C dan dilakukan pengulangan 3x. Selanjutnya tulang ikan hasil ekstraksi dinetralisasi, disaring menggunakan kain blacu, dikeringkan pada suhu 50 °C, dan dilakukan proses *ball milling*.

Proses Pembuatan Kamaboko

Pembuatan kamaboko diawali dengan pembuatan surimi di mana surimi merupakan bahan baku pembuatan kamaboko. Pembuatan surimi dilakukan dengan proses pemisahan daging, tulang, kulit, kepala, dan tulang ikan Mujair. Daging dicuci dengan air bersih kemudian digiling bersama es batu. Pencucian daging dilakukan 3 kali pada suhu 4 °C dengan rasio daging dan air sebesar 1:4 (b/v). Proses pencucian terakhir ditambahkan NaCl 0,3% (b/v). Lumatan daging diperas menggunakan kain blacu kemudian dilakukan penyimpanan beku (Santoso dkk., 2011).

Proses pembuatan kamaboko ikan dengan penambahan nanokalsium yang berbeda mengacu pada penelitian Rawdken dkk. (2009) yang telah

dimodifikasi. Surimi beku dilakukan *thawing* pada suhu ruang. Surimi sebanyak 100 g ditambahkan dengan garam (NaCl) 3%, tepung terigu 5%, dan es 7% (b/b) kemudian dihomogenisasi. Nanokalsium dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% (b/b) ditambahkan pada adonan kamaboko dan dihomogenisasi kembali pada suhu 4 °C selama 5 menit. Adonan kamaboko dimasukkan dalam pencetak kamaboko kemudian dipanaskan pada suhu 40 °C selama 30 menit. Kemudian dilanjutkan dengan pemanasan suhu 90 °C selama 20 menit dan pendinginan suhu 4 °C selama 30 menit.

Karakterisasi Nanokalsium Tulang Ikan

Rendemen nanokalsium

Rendemen merupakan persentase dari perbandingan kadar bobot akhir nanokalsium terhadap bobot sebelum mengalami perlakuan (Prinaldi dkk., 2018). Banyaknya rendemen dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat akhir nanokalsium}}{\text{berat awal tulang}} \times 100 \% \quad (1)$$

Ukuran partikel

Ukuran partikel (nm) diukur menggunakan Zetasizer Nano (*particle size analyzer*) pada nanokalsium. Pengukuran partikel menggunakan metode *Dynamic Light Scattering* (DLS).

Kadar kalsium

Metode pengujian kalsium dilakukan dengan titrasi permanganometri Widjanarko dan Johana (2015), yaitu sampel sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 550 °C sampai menjadi abu. Setelah abu dingin, ditambahkan HNO₃ 1:3 (b/v) hingga seluruh abu larut. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring. Filtrat jernih diambil 10 mL dan ditambahkan 5 tetes indikator Mr-BCG 2:5 (v/v) (warna menjadi merah). Selanjutnya NH₄OH ditambahkan hingga warna berubah menjadi biru, kemudian ditambahkan HNO₃ sampai warna berubah menjadi merah. Asam Oksalat 2,5% sebanyak 15 mL ditambahkan kemudian dipanaskan. Langkah berikutnya Ammonium Oksalat sebanyak 15 mL jenuh ditambahkan kemudian dipanaskan lagi hingga mendidih. Sampel diendapkan selama 6 jam. Sampel disaring menggunakan kertas saring, kemudian residu dipindahkan menggunakan aquades ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan 15 mL H₂SO₄ dan panaskan. Sampel dititrasi menggunakan larutan standar KMnO₄ 0,1 N hingga warna berubah menjadi

ungu. Volume titrasi yang diperoleh kemudian dihitung Kadar kalsium dihitung berdasarkan volume titrasi yang diperoleh menggunakan Persamaan 2.

1 mL KMnO₄ 0,1 N = 0,002 g kalsium

$$\text{Kadar kalsium (\%)} = \frac{\text{volume titrasi} \times \text{faktor pengenceran} \times 0,002}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\% \quad (2)$$

Karakterisasi Kamaboko

Kekuatan gel

Surimi beku dilakukan pelelehan pada suhu ruang (25 °C) selama 2 jam. Analisis tekstur surimi diuji menggunakan dengan *probe cylindrical* 1,27 cm, kemudian ditekan dengan beban 0,1 kg.f pada kecepatan 1mm/s pada suhu kamar (26 hingga 29 °C) (Kurniasih dkk., 2018).

Expressible moisture content

Sampel sebanyak 3 g diletakkan pada kertas Whatman No. 1 dengan ukuran pori 90 mm kemudian dilakukan sentrifugasi selama 20 menit pada kecepatan 5000 g dengan suhu 15 °C. *Expressible moisture content* dihitung berdasarkan perbedaan persentase antara berat sampel dengan berat sampel sebelum dan sesudah dilakukan sentrifugasi dan berat sebelum disentrifugasi (Seighalani dkk., 2016).

Uji lipat

Uji lipat merupakan salah satu pengujian mutu gel ikan yang dilakukan dengan memotong sampel dengan ketebalan 3 mm. Potongan sampel tersebut diletakkan diantara ibu jari dan telunjuk, kemudian dilipat untuk diamati ada tidaknya retakan pada gel ikan. Uji lipat dilakukan oleh 30 panelis yang berusia antara 20 s.d. 23 tahun. Tingkat kualitas uji lipat adalah sebagai berikut:

- Tidak retak jika dilipat seperempat lingkaran, kualitas "AA" dengan nilai adalah 5
- Tidak retak jika dilipat setengah lingkaran, kualitas "A" dengan nilai adalah 4
- Retak jika dilipat setengah lingkaran, kualitas "B" dengan nilai adalah 3
- Putus menjadi dua bagian jika dilipat setengah lingkaran, kualitas "C" dengan nilai 2
- Pecah menjadi bagian-bagian kecil jika ditekan dengan jari-jari tangan, kualitas "D" dengan nilai 1 (Manaf dkk., 2018).

Morfologi gel

SEM digunakan untuk mengamati struktur gel pada kamaboko dengan tegangan 20 kV dan magnifikasi 10.000x. Sampel kamaboko (ketebalan: 2

mm) terlebih dahulu dikeringkan menggunakan *freeze dryer* pada suhu -100 °C selama 24 jam. Sampel yang telah kering dilapisi menggunakan platinum selanjutnya divisualisasikan dengan SEM (Hosseini-Shekarabi dkk., 2015).

Analisis Data

Data parametrik yang diperoleh dari analisa karakteristik kamaboko dianalisis dengan uji homogenitas, uji normalitas, analisis sidik ragam atau Analysis of Varians (ANOVA), dan dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk melihat perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Analisa non parametrik (uji lipat) dianalisa menggunakan *Kruskal-wallis* kemudian dilakukan uji *Man-Whitney* untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan. Analisa data dilakukan menggunakan SPSS versi 16 (*International Business Machines Corporation, USA*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Nanokalsium

Pengujian karakteristik nanokalsium dilakukan secara fisik dan kimia. Pengujian fisik meliputi rendemen dan ukuran partikel. Pengujian kimia meliputi kadar kalsium. Hasil pengujian karakteristik fisik dan kimia nanokalsium tulang ikan Mujair tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisik dan kimia nanokalsium tulang ikan Mujair

No.	Jenis uji	Rata-rata
1	Rendemen (%)	21,25 ± 0,52
2	Ukuran partikel (nm)	310,90 ± 138,42
3	Kadar kalsium (%)	32,49 ± 0,13

Keterangan: Data merupakan rata-rata dari 3 kali ulangan pengujian ± standar deviasi

Rendemen

Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam pembuatan nanokalsium. Tingkat efisiensi dan efektif proses sangat menentukan jumlah rendemen yang dihasilkan. Rendemen nanokalsium diperoleh dari perbandingan antara berat nanokalsium dengan berat tulang ikan (bahan baku). Semakin besar nilai rendemen yang dihasilkan, maka semakin efisien proses dan perlakuan yang diterapkan. Perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan pelarut basa kuat (NaOH). Perlakuan basa kuat pada beberapa penelitian dipilih karena mampu meningkatkan derajat putih dan rendemen, hal ini diperkuat oleh penelitian Ratnawati dkk. (2017) bahwa penggunaan

pelarut NaOH dapat menghasilkan rendemen tepung kalsium (sebanyak 64,89%) lebih banyak dibandingkan dengan pelarut HCl (sebesar 19,25%).

Rendemen nanokalsium tulang ikan Mujair yang diperoleh pada penelitian ini yaitu sebesar 21,25% (Tabel 1), hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan nanokalsium tulang ikan Nila (*O. niloticus*) dengan perlakuan NaOH 1N (5,19%) dan HCl 1 N (4,41%) (Lekahena dkk., 2014). Nilai ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu jenis ikan, konsentrasi larutan, netralisasi dan lama waktu ekstraksi. Ratnawati dkk. (2017) menjelaskan penggunaan konsentrasi terlalu tinggi menyebabkan banyaknya matriks tulang yang terbuka, sehingga banyak komponen mineral yang ikut dalam pelarut. Selain itu, Suptijah dkk. (2010) melaporkan semakin lama waktu ekstraksi maka kadar kalsium dan rendemen yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Ukuran Partikel

Hasil uji menggunakan ukuran partikel pada nanokalsium menunjukkan ukuran partikel yaitu sebesar 310 nm (Tabel 1). Ukuran partikel tersebut termasuk kedalam ukuran nanopartikel seperti yang dilaporkan oleh Napsah dan Wahyuningsih (2014) bahwa ukuran nanopartikel berkisar antara 10 s.d. 1000 nm dan lebih besar daripada penelitian Lekahena dkk. (2014) ukuran partikel 235,93 nm dan Prinaldi dkk. (2018) ukuran partikel 253 nm. Namun lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Anggraeni dkk. (2016) yang menggunakan ikan nila dengan nilai 729,69 nm.

Perbedaan ukuran partikel nanokalsium menurut Gunawan dkk. (2011) dipengaruhi oleh lama waktu *milling*, semakin lama waktu *milling* maka ukuran partikel semakin kecil. Pengecilan ukuran partikel dilakukan dengan metode *topdown* yaitu melalui proses *ball milling* dapat menghasilkan ukuran yang beraneka ragam, kualitasnya bagus, dapat digunakan skala besar dan biayanya murah ukuran nanokalsium dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan serta terjadinya proses presipitasi dan nukleasi.

Kadar Kalsium

Kalsium dan fosfor merupakan unsur utama yang terdapat pada tulang ikan. Kadar kalsium pada nanokalsium tulang ikan Mujair adalah sebesar 32,49% (Tabel 1) dimana konsentrasi pada perlakuan yang sama menggunakan basa kuat (NaOH) hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Lekahena dkk. (2014) sebesar 20,67% dan Cucikodona dkk. (2012) berkisar 16 s.d. 22%. Namun, kadar kalsium pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian dari Prinaldi dkk. (2018) yaitu sebesar 74,75 s.d. 83,25%. Perbedaan kadar kalsium pada nanokalsium tulang ikan dipengaruhi oleh jenis ikan (Huda dkk., 2010), metode pembuatan tepung kalsium (yaitu lama waktu ekstraksi dan jenis pelarut yang digunakan) (Kusumaningrum dkk., 2016), serta waktu perebusan (Cucikodona dkk., 2012).

Karakteristik Kamaboko

Hasil karakteristik kamaboko ikan Mujair tersaji pada Tabel 2.

Kekuatan gel

Kekuatan gel pada produk kamaboko menjadi parameter utama dalam menentukan kualitas di mana semakin tinggi nilai kekuatan gel, maka semakin tinggi kualitas kamaboko. Nilai kekuatan gel yang lebih tinggi berkorelasi dengan tekstur kamaboko yang semakin kenyal. Tekstur yang lebih kenyal cenderung lebih disukai dan menunjukkan mutu kamaboko yang baik. Hasil dari kekuatan gel tersebut tersaji dalam Tabel 2.

Kekuatan gel pada kamaboko ikan Mujair pada konsentrasi 0 s.d. 1,5% berkisar antara 2976,24 s.d. 4444,35 g/cm² (Tabel 2). Nilai kekuatan gel tersebut menunjukkan nilai kekuatan gel dengan kualitas yang baik, dimana lebih tinggi dibandingkan nilai kekuatan gel yang dipersyaratkan SNI No.2694: 2013, yaitu minimal 600 g/cm² (BSN, 2013).

Berdasarkan data yang diperoleh penambahan konsentrasi nanokalsium yang berbeda pada kamaboko dapat meningkatkan nilai kekuatan gel kamaboko

Tabel 2. Karakteristik kamaboko ikan Mujair dengan penambahan nanokalsium

Sampel	Kekuatan gel (g/cm ²)	Expressible moisture content (%)	Kadar kalsium (%)	Uji lipat
0%	2976,24 ± 387,23 ^a	21,64 ± 1,81 ^c	0,91 ± 0,03 ^a	2,513 ± 0,23 ^a
0,5%	4339,09 ± 206,45 ^b	13,93 ± 1,39 ^b	1,03 ± 0,12 ^a	2,949 ± 0,04 ^b
1%	4445,36 ± 628,64 ^b	8,28 ± 1,89 ^a	1,11 ± 0,05 ^a	3,385 ± 3,38 ^c
1,5%	3841,10 ± 398,81 ^{ab}	13,02 ± 1,44 ^b	1,73 ± 0,10 ^b	3,231 ± 3,23 ^c

Keterangan: *Superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

(Tabel 2). Hal ini terjadi karena adanya kalsium divalent pada nanokalsium yang ditambahkan mampu mengaktifkan enzim transglutaminase endogen. Enzim transglutaminase berperan dalam pembentukan gel secara *in vitro* dan kehadirannya sangat bergantung dengan adanya ion kalsium. Penambahan kalsium dapat berkontribusi dalam pembentukan gel didasarkan pada efek kalsium sebagai kofaktor pada enzim transglutaminase endogen. Yin dkk. (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pelepasan ion kalsium dari nanokalsium mampu meningkatkan aktivitas transglutaminase endogen dan berkontribusi dalam proses *cross-linking myosin heavy chain* (MHC) dalam gel surimi.

Penambahan nanokalsium pada konsentrasi 0,5 % dan 1% menghasilkan kamaboko dengan nilai kekuatan gel tertinggi ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nanokalsium 0,5% dan 1% dapat memaksimalkan terjadinya reaksi ikatan silang pada MHC dan mengaktifkan enzim transglutaminase endogen sehingga dapat membentuk gel yang lebih kuat dibandingkan dengan 0%. Peningkatan kekuatan gel dari konsentrasi 0% pada konsentrasi 0,5% dan 1% sebanyak 45,79 s.d. 49,32%. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan ion kalsium yang cukup bagi enzim transglutaminase pada kamaboko ikan Mujair diduga berkisar antara penambahan 0,5% s.d. 1%. Berdasarkan penelitian Hemung dkk. (2018) bahwa enzim transglutaminase endogen pada otot ikan Tilapia merupakan enzim yang bergantung pada jumlah kalsium yang ditambahkan. Ikatan silang protein diinduksi dari reaksi antara enzim transglutaminase endogen yang tersisa pada surimi dengan adanya komponen kalsium. Seighalani dkk. (2017) menambahkan bahwa jumlah enzim transglutaminase endogen merupakan enzim yang larut air dan dapat berkurang selama proses pencucian surimi.

Penambahan konsentrasi nanokalsium sebanyak 1,5% menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 0% ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nanokalsium sebanyak 1,5% menyebabkan penurunan kekuatan gel kamaboko. Jumlah nanokalsium yang berlebih dapat menurunkan proses pembentukan reaksi *myosin heavy chain*. Menurut Yin dkk. (2017) yang menyatakan bahwa penurunan aktivitas pada transglutaminase endogen dapat terjadi akibat peningkatan konsentrasi partikel nanokalsium tulang ikan yang ditambahkan sehingga terjadi pelepasan lebih banyak ion kalsium pada surimi. Hemung dkk. (2018) juga melaporkan bahwa peningkatan ion kalsium menghasilkan intensitas *myosin heavy chain* yang rendah dan berpengaruh terhadap ikatan silang produk sosis. Subagio dkk. (2005)

menambahkan bahwa adanya ikatan disulfida yang berasal dari ion logam dengan MHC dapat menciptakan banyak ikatan silang antar protein sehingga terbentuk agregat gel yang kuat dan kokoh.

Expressible moisture content

Expressible moisture content (EMC) merupakan suatu uji yang dapat mengetahui kapasitas suatu produk mampu untuk mengikat dan melepaskan air. EMC ikut berperan dalam parameter kualitas surimi karena berhubungan dengan daya ikat air dan kekuatan gel. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan jumlah nanokalsium mampu menurunkan nilai EMC (Tabel 2). Penurunan nilai EMC menunjukkan bahwa produk kamaboko memiliki kekuatan gel yang kuat sehingga dapat menampung air dalam jumlah yang besar. Menurut Arfat dan Benjakul (2012) bahwa ikatan kation divalen kalsium (Ca^{2+}) mampu membentuk ikatan silang dengan pengukuhan jaringan yang lebih kuat sehingga kapasitas menampung air menjadi lebih besar. Le Vo dkk. (2017) menambahkan bahwa kalsium pada surimi berperan sebagai kofaktor enzim transglutaminase yang mengkatalis ikatan silang protein.

Nilai EMC menurun seiring jumlah nanokalsium yang ditambahkan. Perlakuan tanpa penambahan kalsium pada surimi diduga dapat menurunkan *water holding capacity* (WHC) dan dapat meningkatkan nilai EMC. Hal ini sejalan dengan penelitian Petcharat dan Benjakul (2017) yang menjelaskan bahwa penambahan $CaCl_2$ dapat menurunkan nilai EMC pada surimi dan WHC menurun. WHC meningkat sehingga terbentuk gel yang kuat.

Data hasil uji EMC kamaboko ikan Mujair menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi nanokalsium 1% menghasilkan kamaboko dengan nilai EMC terendah ($p < 0,05$). Kamaboko dengan penambahan nanokalsium 1% mampu menurunkan nilai EMC sebesar 61,73% dibandingkan perlakuan 0%. Penambahan konsentrasi 1% diduga adalah konsentrasi terbaik yang mampu menampung air dalam jumlah yang besar. Penelitian Singh dan Benjakul (2017) menyatakan bahwa penurunan nilai EMC pada kamaboko terlihat seiring dengan meningkatnya konsentrasi bahan tambahan. Penambahan bahan pengikat pada surimi mampu mencegah degradasi protein surimi sehingga menghasilkan jaringan gel yang lebih kuat dan mampu menahan kapasitas air.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan nanokalsium dengan konsentrasi lebih dari 1%, yaitu dalam penelitian ini 1,5%, menyebabkan peningkatan nilai EMC. Yin dkk. (2018) menyatakan bahwa penggunaan nanokalsium tulang ikan yang

berlebih dapat menurunkan reaksi ikatan silang pada MHC. Rendahnya ikatan silang pada MHC akan menghasilkan matriks gel yang lebih buruk, sehingga kamaboko tidak mampu menahan air (Singh dan Benjakul, 2017).

EMC memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kekuatan gel dan uji lipat. Nilai EMC yang semakin kecil, maka semakin tinggi nilai kekuatan gel. Kekuatan gel yang tinggi memiliki tekstur yang padat dan kompak. Petcharat dan Benjakul (2017) menyatakan bahwa struktur jaringan yang kompak tidak dapat memberi ruang untuk air masuk dan residu yang dihasilkan menjadi lebih sedikit sehingga mampu mengurangi jumlah komponen yang mengikat air.

Kadar kalsium

Pengujian kalsium dilakukan untuk mengetahui kadar kalsium pada produk. Hasil uji kalsium yang dilakukan pada kamaboko ikan Mujair berkisar pada 0,91% s.d. 1,73%. Berdasarkan data yang diperoleh pada (Tabel 2) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar kalsium seiring dengan meningkatnya konsentrasi nanokalsium yang ditambahkan. Nilai kalsium kamaboko ikan Mujair berkisar antara 1,03 s.d. 1,73% dengan ukuran partikel berkisar 152,9 s.d. 387,3 nm lebih tinggi dibandingkan dengan penyerapan nanokalsium beras analog pada penelitian Anggraeni dkk. (2019) yang sebesar 1,02 s.d. 1,52% dengan ukuran partikel nanokalsium yang berkisar 395,75 s.d. 436,25 nm. Perbedaan ini diduga berkaitan perbedaan ukuran partikel pada nanokalsium yang menyebabkan tingkat penyerapan yang berbeda.

Kadar kalsium pada perlakuan 0% diduga dipengaruhi oleh adanya kandungan kalsium pada daging ikan Mujair, hal ini sejalan dengan penelitian Muthohiroh dan Sulandjari (2015) bahwa ikan Mujair memiliki kandungan kalsium sebanyak 96 mg/100 g, kandungan kalsium ikan Mujair lebih tinggi dibandingkan dengan jenis ikan air tawar yang lain. Kadar kalsium pada kamaboko dengan penambahan konsentrasi 0% juga dipengaruhi oleh adanya penambahan garam pada pembuatan surimi saat proses pencucian terakhir. Menurut Suryana dkk. (2016), penambahan garam NaCl pada proses pencucian surimi mampu meningkatkan kandungan kalsium surimi, semakin tinggi garam yang ditambahkan maka semakin tinggi jumlah kalsium. Sulistyarningsih dkk. (2010) menjelaskan garam merupakan suatu kumpulan senyawa yang sebagian besar terdiri dari natrium klorida (NaCl) dengan senyawa bahan pengotor yaitu kalsium sulfat (CaSO_4).

Penambahan konsentrasi 0,5% dan 1% menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan 0% ($p > 0,05$). Hal ini diduga karena terjadi ikatan

antara nanokalsium pada enzim yang saling membentuk tekstur kompleks. Menurut Hemung dkk. (2018) bahwa ion Ca^{2+} dibutuhkan untuk menginduksi terjadinya perubahan konformasi molekul enzim untuk mengkatalis reaksi silang. Penambahan nanokalsium pada ukuran kurang lebih 162 nm mampu meningkatkan aktivitas transglutaminase pada saat suhu *setting* 40 °C.

Penambahan konsentrasi 1,5% menunjukkan nilai tertinggi yaitu pada kadar kalsium sebesar 1,73%. Peningkatan kadar kalsium yang terjadi mencapai 90,10%. Hal ini terjadi karena sebagian nanokalsium yang ditambahkan dalam jaringan gel tidak mampu berikatan secara menyeluruh. Kelebihan dari jumlah nanokalsium yang dibutuhkan tersebut akan terhitung sebagai kadar kalsium pada kamaboko karena nanokalsium mengandung kadar kalsium yang tinggi. Menurut Kusumaningrum dkk. (2016), nanokalsium tulang ikan mengandung kalsium sebesar 29,51-33,86%.

Uji lipat

Uji lipat merupakan parameter yang penting pada kualitas surimi yang ikut menentukan atribut penerimaan produk. Data hasil uji lipat kamaboko ikan Mujair menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi 1% dan 1,5% menunjukkan nilai tertinggi ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan nanokalsium memberikan pengaruh yang nyata terhadap uji lipat. Kemampuan pembentukan gel merupakan indikator dari kualitas protein ikan. Senn (2005) menyatakan bahwa tautan garam, ikatan hidrogen, ikatan disulfida, dan interaksi hidrofobik merupakan jenis ikatan utama yang berkontribusi pada struktur jaringan selama proses gelasi.

Tekstur yang kompak dan kenyal akan menghasilkan nilai uji lipat yang tinggi tanpa keretakan, semakin tinggi nilai kekuatan gel maka semakin tinggi juga nilai uji lipat. Tekstur yang kompak dihasilkan dari katalisis reaksi transfer asil oleh enzim transglutaminase akibat penambahan ion kalsium. Menurut Benjakul dkk. (2004) bahwa Ca^{2+} dapat mengaktifkan enzim transglutaminase endogen yang dapat mengkatalis transfer reaksi asil antara grup γ -carboxamide dari glutamin dan grup ϵ -amino menghasilkan formasi ikatan silang lisin ϵ -(γ -glutamyl) dan gel yang kuat.

Peningkatan nilai uji lipat berbanding lurus dengan nilai kekuatan gel kamaboko. Peningkatan nilai uji lipat terjadi seiring dengan bertambahnya jumlah nanokalsium, persentase peningkatan uji lipat berkisar antara 32,15% s.d. 34,69%. Menurut Ding dkk. (2011), bahwa penambahan kalsium sangat berperan dalam perubahan interaksi kimia dalam gel yang berkaitan dengan sifat gel, sehingga penambahan kalsium pada

konsentrasi yang optimal akan membentuk jaringan gel surimi yang kuat.

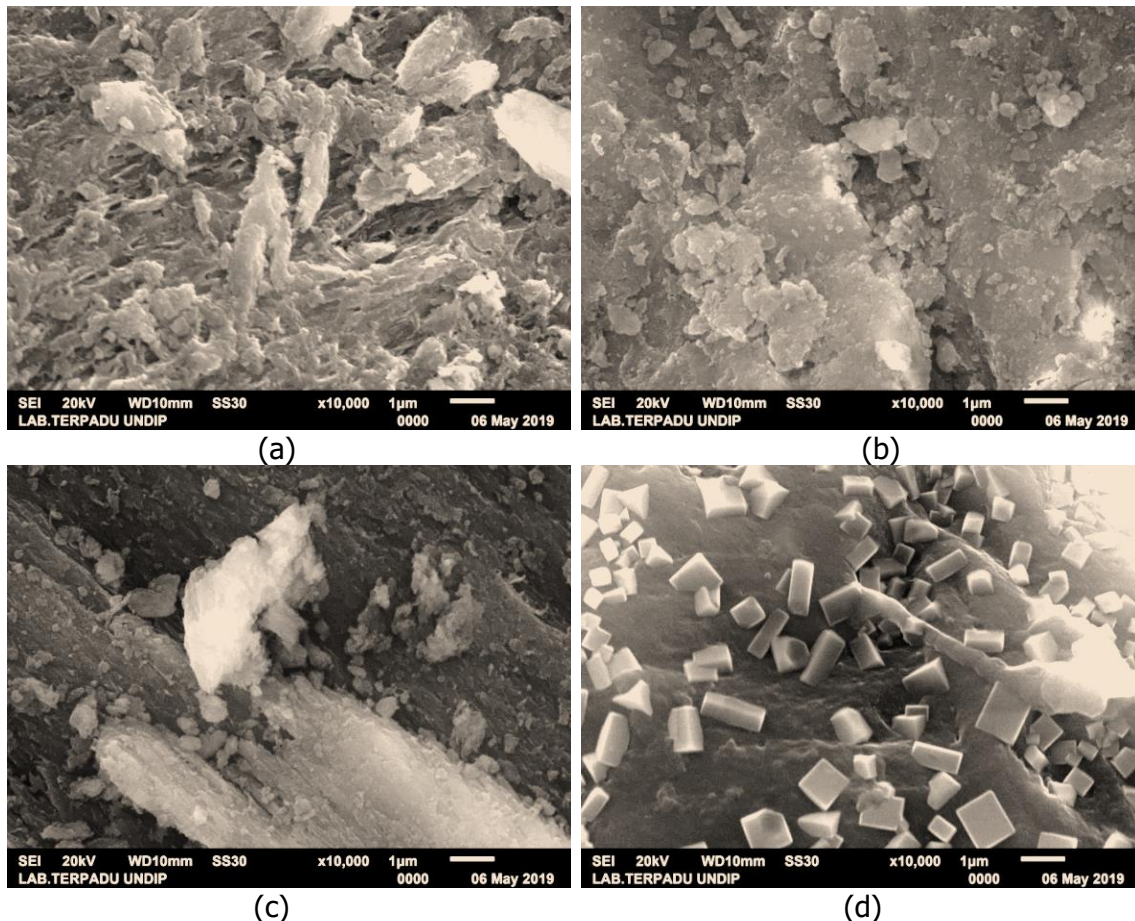
Nilai uji lipat pada penambahan konsentrasi 0% s.d. 0,5% adalah 2,513 s.d. 2,949 berturut-turut termasuk dalam *grade C* dengan keterangan putus menjadi dua bagian apabila dilipat setengah lingkaran yang menunjukkan nilai kekuatan gel yang cukup baik. Penambahan konsentrasi nanokalsium 1% s.d. 1,5% berkisar antara 3,231 s.d. 3,385 termasuk dalam *grade B* dengan keterangan retak apabila dilipat setengah lingkaran menunjukkan nilai yang kekuatan gel yang baik. Nilai uji lipat kamaboko ikan Mujair dengan penambahan nanokalsium lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Purwandari dkk. (2014) yaitu berkisar 3,16 s.d. 4,70. Perbedaan nilai ini diduga terkait dengan perbedaan jenis bahan pengikat yang ditambahkan.

Morfologi Gel Kamaboko

Morfologi gel merupakan suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui topografi permukaan/tekstur dan morfologi partikel. Hasil morfologi gel kamaboko dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa penambahan nanokalsium pada konsentrasi yang berbeda mampu mempengaruhi struktur morfologi dan ikatan silang antar protein kamaboko. Perlakuan 0% menunjukkan adanya regangan berongga yang besar, berkorelasi dengan nilai kekuatan gel yang rendah. Penelitian Kurniasih dkk. (2019) menyatakan bahwa adanya rongga besar pada morfologi gel kamaboko berkaitan dengan nilai kekuatan gel yang rendah dan nilai *expressible moisture content* yang tinggi, ditambah penelitian Petcharat dan Benjakul (2017) yang menyatakan bahwa perlakuan 0% tanpa penambahan ion kalsium pada sosis ikan memperlihatkan morfologi gel yang terputus-putus dengan rongga besar pada jaringan.

Morfologi gel pada konsentrasi 1% menunjukkan adanya agregat yang saling menyatu dan tidak berongga sedangkan perlakuan konsentrasi 0,5% menunjukkan bahwa terdapat rongga kecil antar agregat kamaboko. Agregat yang rapat dan tidak berongga tersebut menunjukkan terdapat ikatan silang (*cross-linking*) antara nanokalsium yang diberikan



Gambar 1. Morfologi gel kamaboko ikan Mujair dengan penambahan nanokalsium (a) 0%; (b) 0,5%, (c) 1%, dan (d) 1,5%

dengan enzim transglutaminase endogen sehingga mampu membentuk tekstur yang lebih rapat, selain itu ion kalsium juga mengubah struktur aktin dan miosin. Menurut Petcharat dan Benjakul (2017) penambahan ion kalsium dapat meningkatkan koneksi antara protein-protein dan gellan-protein melalui jembatan garam. Hemung dkk. (2018) menambahkan bahwa pada suatu kondisi ion kalsium mampu mengubah jaringan aktin dan miosin, menghasilkan agregat protein melalui interaksi hidrofobik dan ikatan disulfida.

Hal ini berbeda dengan penambahan konsentrasi 1,5% yang memperlihatkan adanya partikel-partikel kecil yang diduga merupakan serbuk nanokalsium. Serbuk tersebut tidak terserap dalam jaringan protein membentuk ikatan silang dan berikatan dengan enzim transglutaminase. Nanokalsium yang terlihat tersebut akan dihitung sebagai kadar kalsium, sehingga kadar kalsium pada penambahan konsentrasi 1,5% menunjukkan nilai yang tertinggi. Kalsium yang terdapat pada permukaan gel tersebut tidak dapat larut dalam air walaupun pada proses pemanasan. Hal ini diperkuat oleh Yin dkk. (2017) yang menyatakan bahwa nanokalsium memiliki nilai kelarutan yang rendah dengan air, kalsium akan tertanam dalam matriks kolagen yang membuat sulit untuk larut dalam air.

KESIMPULAN

Penambahan nanokalsium yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) pada kekuatan gel, *expressible moisture content*, kadar kalsium, uji lipat, dan morfologi kamaboko. Perlakuan penambahan nanokalsium konsentrasi 1% pada kamaboko ikan Mujair merupakan konsentrasi optimum yang menunjukkan karakteristik fisik terbaik dengan nilai kekuatan gel tertinggi (4445,36 g/cm²), *expressible moisture content* terendah (8,28 %), kadar kalsium (1,11%), nilai uji lipat tertinggi (3,385), serta morfologi gel yang terlihat lebih padat, kompak dan homogen dibandingkan kamaboko dengan nanokalsium 0%, 0,5%, dan 1,5 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Diponegoro yang telah mendanai penelitian ini sesuai Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Nomor: 385-33/UN7.P4.3/PP/2019 tanggal 30 april 2019.

KONFLIK KEPENTINGAN

Peneliti menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dari berbagai pihak terkait artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N., Darmanto Y. S., & Riyadi P. H. (2016). Pemanfaatan Nanokalsium Tulang Ikan Nila (*Oreochromus niloticus*) pada Beras Analog dari Berbagai Macam Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(4), 114-122. <http://doi.org/10.17728/jatp.187>
- Anggraeni, P. D., Darmanto Y. S., & Fahmi A. S. (2019). Pengaruh Penambahan Nanokalsium Tulang Ikan yang Berbeda terhadap Karakteristik Beras Analog Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta*) dan Rumput Laut *Euchema spinosum*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 1(1), 1-9.
- Arfat, Y. A. & Benjakul, S. (2012). Gelling Characteristics of Surimi from Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*). *International Aquatic Research*, 4(5), 1-13.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2013). SNI 2694:2013: Standar Mutu Surimi Beku. BSN. Jakarta.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., & Pecharat, S. (2004). Suwari Gel Properties As Affected By Transglutaminase Activator and Inhibitors. *Food Chemistry*, 85, 91-99. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.007>
- Cucikodona, Y., Supriadi, A., & Purwanto, B. (2012). Pengaruh Perbedaan Suhu Perebusan dan Konsentrasi NaOH Terhadap Kualitas Bubuk Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*). *Jurnal Fishtech*, 1(1), 91-101. <http://doi.org/10.36706/fishtech.v1i1.800>
- Ding, Y., Liu, Y., Yang, H., Liu, R., Rong, J., Zhao, S. & Xiong, S. (2011). Effects Of CaCl₂ on Chemical Interactions and Gel Properties of Surimi Gels From Two Species of Carps. *European Food Research and Technology*, 233, 569-576. <http://doi.org/10.1007/s00217-011-1546-1>
- Gunawan, I., Yusuf, S., Sudirman, & Pudjiastuti, W. (2011). Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan*, 33(1), 102-106. <http://doi.org/10.24817/jkk.v33i1.1835>
- Hanura, A. B., Trilaksani, W., & Suptijah, P. (2017). Karakterisasi Nanohidroksiapatit Tulang Tuna *Thunnus* sp. Sebagai Sediaan Biomaterial. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2), 619-629.
- Hemung, B. O., Yongsawatdigul, J., Chin, K. B., Limphirat, W., & Siritapetawee, J. (2018). Silver Carp Bone Powder as Natural Calcium For Fish Sausage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(3), 305-315. <http://doi.org/10.1080/10498850.2018.1432733>

- Hosseini-Shekarabi, S. P., Hosseini, S. E., Soltani, M., Kamali, A., & Valinassab, T. (2015). Effect of Heat Treatment on The Properties of Surimi Gel from Black Mouth Croacker (*Atrubucca nibe*). *International Food Research Journal*, 22(1), 363-hoss71.
- Huda, N., Li Leng, A., Yee, C. X., & Herpandi. (2010). Chemical Composition, Colour, and Linear Expansion Poperties of Malaysian Commercial Fish Cracker (Keropok). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(5), 473-482.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2013). Profil Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah untuk Mendukung Industrialisasi Kelautan Perikanan. Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2019). Produksi Perikanan 2017. <https://satudata.kkp.go.id/dashboard/produksi>. Diakses tanggal 15 Agustus 2019.
- Kurniasih, R. A., Darmanto, Y. S., & Herawati, V. E. (2019). Characteristics of Surimi Gel from *Oreochromis mossambicus* in Different Aquacultures Areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 260, 1-8. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012111>
- 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.
- Lekahena, V., Faridah, D. N., Syarief, R., & Peranginangin, R. (2014). Karakterisasi Fisikokimia Nanokalsium Hasil Ekstraksi Tulang Ikan Nila Menggunakan Larutan Asam dan Basa. *Jurnal Teknologi Industri dan Industri Pangan*, 25(1), 57-63.
- Le Vo, T. D., Bao Vo, C., Nguyen, H. T. T., Le, L. T., Vi., D. T. T., & Thao, N. T. H. (2017). Recovery of Bone Powder from Salmon By-Product and Application in Production of Tra Catfish Cake. *Science and Technology Development Journal*, 20(k9-2017), 38-43. <http://doi.org/10.32508/stdj.v20ik9.1675>
- Manaf, F. A., Huda-Faujan, N., Arifin, N., & Hanafiah, N. B. M. (2018). Physicochemical Properties and Consumer Preference of Fish Burgers Produced from Black Tilapia Surimi Paste and Potato Flour. *Malaysian Journal of Science, Health & Technology*, 1(1): 25-30.
- Muthohiroh, M. & Sulandjari, S. (2015). Pengaruh Substitusi Tepung Rebung dan Penambahan Tahu Terhadap Mutu Organoleptik Nugget Mureta. *E-journal Boga*, 4(2), 9-17.
- Napsah, R. & Wahyuningsih, I. (2014). Preparasi Nanopartikel Kitosan-TPP/Ekstraksi Etanol Daging Buah Mahkota Dewa (*Phaleriamacrocarpa* (Scheff) Boerl) dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 11(1), 7-12.
- Petcharat, T. & Benjakul, S. (2017). Effect of Gellan and Calcium Chloride on Properties Of Surimi Gel with Low and High Setting Phenomena. *Royal Society of Chemistry*, 7, 52423-52434. <http://doi.org/10.1039/c7ra10869a>
- Prinaldi, W.V., Suptijah, P. & Uju. (2018). Karakteristik Sifat Fisikokimia Nanokalsium Ekstrak Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 385-395.
- Purwandari, L. Y., Darmanto, Y. S., & Wijayanti, I. (2014). Pengaruh Penambahan Egg White Powder terhadap Kekuatan Gel Surimi pada Beberapa Jenis Ikan Laut. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(2), 106-113.
- Rawdkuen, S., Sai-Ut, S., Khamsorn, S., Chaijan, M., & Benjakul, S. (2009). Biochemical and Gelling Properties of Tilapia Surimi and Protein Recovered Using an Acid Alkaline Process. *Food Chemistry*, 112, 112-119. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.047>
- Ratnawati, S. E., Ekantari, N., Pradipta, R. W., & Paramita, B. L. (2017). Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) pada Optimasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele. *Jurnal Perikanan Universitas Gajah Mada*, 20(1), 41-48.
- Santoso, J., Ling, F., & Handayani, R. (2011). Pengaruh Pengkomposisian dan Penyimpanan Dingin terhadap Perubahan Karakteristik Surimi Ikan Pari (*Trygon* sp.) dan Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp.). *Jurnal Aquatika*, 2(2).
- Seighalani, F. Z. B., Bakar, J., Saari, N., & Khoddami, A. (2016). Thermal and Physicochemical Properties of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Surimi Gels as Affected by Microbial Transglutaminase. *Animal Production Science*, 57, 993-1000. <http://doi.org/10.1071/AN15633>
- Seighalani, F. Z. B., Bakar, J., & Saari, N. (2017). Physicochemical Properties of Red Tilapia (*Oreochromis* spp.) During Surimi and Kamaboko Gel Preparation. *International Food Research Journal*, 24(3), 1248-1254.
- Senn, D.P. (2005). *Advances in Fish Processing Technology*. New Delhi: Allied Publishers PVT. LTD.
- Singh, A. & Benjakul, S. (2017). Serine Protease Inhibitors from Squid Ovary: Extraction and Its Effect on Proteolysis and Gel Properties of Surimi. *Journal Food Sciene Technology*, 54(1), 267-275. <http://doi.org/10.1007/s13197-016-2459-6>
- Subagio, A., Windarti, W. S., Fauzi, M. & Witono, Y. (2005). Pengaruh Asam Askorbat Terhadap Pembentukan Gel Miofibril Ikan Mata Besar (*Selar crumenophtalamus*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 16(2), 126-132. <http://doi.org/10.6066/484>
- Sulistyaningsih, Sugiyono, & Sedyawati. (2010). Pemurnian Garam Dapur Melalui Kristalisasi Air Tua dengan Bahan Pengikat Pengotor $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{-NaHCO}_3$ dan $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3$. *Jurnal Kimia*, 1(8), 26-33. <http://doi.org/10.15294/saintekno.v8i1.335>

- Suptijah, P., Hardjito, L., Haluan, J., & Suhartono, M. G. (2010). Recovery dan Manfaat Nanokalsium Hewan Perairan (dari Cangkang Udang). *Logika*, 2, 61-64.
- Suryana, M. A., Patadjai, A. B., & Asyik, N. (2016). Pengaruh Pemakaian Cryoprotectant Berbeda Terhadap Sensorik Ikan dan Kualitas Kimia dari Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3), 175-183.
- Widjanarko, S. B. & Johana, M. (2015). Analisis Metode Kolometri dan Gravimetri Pengukuran Kadar Glukomanan pada Konjak (*Amorphophallus konjac*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4), 1584-1588.
- Widodo, S. (2018). Analisis Pengaruh dan Perbaikan Status Gizi Siswa SD dengan Intervensi Biskuit Tepung Mujair. *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1, 84-90.
- Yin, T., Park, J. W., & Xiong, S. (2017). Effect of Mikron Fish Bone Withh Different Particle Size on The Properties of Silver Carp (*Hypophthalmichyts molitrix*) Surimi Gels. *Journal of Food Quality*, 1-8. <http://doi.org/10.1155/2017/8078062>
- Yin, T., Reed, Z. H., & Park, J. W. (2014). Gelling Properties of Surimi As Affected By The Particle Size of Fish Bone. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 412-416. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.037>