

## Perlakuan Jenis Minyak Berbeda Sebagai Bahan Encapsulasi Hidrolisat Ikan Gabus (*Channa striata*)

### *Treatment of Different Oils as Encapsulation Materials of Snakehead Fish (Channa striata) Hydrolysate*

Syukri Syukri<sup>1,2</sup>, Gatot Siswo Hutomo<sup>3\*</sup>, dan Samliok Ndobe<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu-ilmu Pertanian Program Pascasarjana, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Km. 09 Kelurahan Tondo, Palu, Sulawesi Tengah, 94118, Indonesia

<sup>2</sup> Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Palu  
Jl. Soekarno-Hatta Km. 06, Tondo, Palu 94118, Sulawesi Tengah, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Km. 09 Kelurahan Tondo, Palu, Sulawesi Tengah, 94118, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Akuakultur, Fakultas Peternakan dan Perikanan. Universitas Tadulako  
Jl. Soekarno Hatta Km. 09 Kelurahan Tondo, Palu, Sulawesi Tengah, 94118, Indonesia

\*Korespondensi penulis: gatotsiswoh@yahoo.com

Diterima: 9 Juni 2022; Direvisi: 4 Oktober 2022; Disetujui: 23 Desember 2022

#### ABSTRAK

Salah satu sumber albumin adalah ikan gabus (*Channa striata*). Albumin dapat mengalami kerusakan yang diakibatkan proses oksidasi selama penyimpanan. Encapsulasi dapat menjadi salah satu teknologi yang dapat mempertahankan mutu albumin dari kerusakan oksidatif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas ekstrak hidrolisat ikan gabus (*C. striata*) yang dienkapsulasi dengan minyak berbeda (VCO, zaitun, kemiri, atau wijen) dengan lama penyimpanan 8 minggu. Penelitian terdiri atas beberapa tahap yang meliputi ekstraksi hidrolisat ikan gabus, proses encapsulasi (maltodekstrin + minyak sesuai perlakuan), dan dilakukan perlakuan penyimpanan 0, 2, 4, 6, dan 8 minggu pada suhu kamar ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ). Parameter yang diamati adalah kadar albumin, kapasitas antioksidan, asam lemak bebas, kadar air, dan kadar abu. Hasil pengujian memperlihatkan perlakuan jenis minyak bahan encapsulasi berpengaruh terhadap kadar albumin, sedangkan waktu penyimpanan tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar albumin. Selain itu, perlakuan perbedaan jenis minyak bahan encapsulasi dan waktu penyimpanan memberikan pengaruh terhadap kapasitas antioksidan, asam lemak bebas, kadar air, dan kadar abu ekstrak hidrolisat ikan gabus. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa minyak kemiri merupakan bahan encapsulasi terbaik, diikuti oleh minyak wijen, minyak zaitun, dan VCO. Ekstrak hidrolisat ikan gabus yang dienkapsulasi dengan minyak kemiri hanya mengalami penurunan 0,79% setelah disimpan selama 8 minggu, lebih rendah dari perlakuan dengan minyak wijen (1,02%), minyak zaitun (1,35%), dan VCO (1,72%).

**Kata Kunci:** albumin, hidrolisat, encapsulasi, ikan gabus

#### ABSTRACT

*Snakehead fish (Channa striata) has been known as a source of albumin. Albumin is susceptible to oxidation, so that it can be degraded during storage. The encapsulation method is one of technologies to maintain the quality of albumin. This study aimed to determine the hydrolyzed property of snakehead fish (C. striata) encapsulated with olive oil, virgin coconut oil (VCO), candlenut oil, or sesame oil during storage. The stages of research included the manufacture of snakehead fish hydrolysate, encapsulation with a combination of a treatment oil and maltodextrin, and storage time (0, 2, 4, 6, and 8 weeks) at room temperature ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ). The parameters observed were albumin content, antioxidant capacity, free fatty acid, water content, and ash content. The results showed that the type of oil as an encapsulating material affected albumin levels, while storage time did not affect changes in albumin levels. In addition, treating different types of encapsulated oil and storage time affects the antioxidant capacity, free fatty acid content, water content, and ash content of snakehead fish hydrolysate. From the present study, it can be concluded that candlenut oil was the best encapsulation material, followed by sesame oil, olive oil, and VCO. The hydrolyzed snakehead fish extract, encapsulated with candlenut oil, only decreased by 0.79% after being stored for eight weeks, lower than treatment with sesame oil (1.02%), olive oil (1.35%), and VCO (1.72%).*

**Keywords:** albumin, hydrolysate, encapsulation, snakehead fish

## PENDAHULUAN

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang dikenal sebagai sumber albumin (Alviodynasyari et al., 2019). Albumin merupakan protein yang terdapat dalam plasma darah yang memiliki struktur protein globular sederhana dan tersusun dari ikatan polipeptida tunggal (Harianti, 2011). Proses ekstraksi dan penyimpanan albumin yang kurang tepat dapat mengakibatkan oksidasi yang menghasilkan senyawa-senyawa peroksida yang reaktif atau *reactive oxygen species* (ROS). Protein yang teroksidasi dapat menstimulasi terbentuknya fragmentasi protein, dimerisasi, dan agregasi yang membuat protein kehilangan sifat-sifat fungsionalnya. Rahardjo (2004) menyatakan protein yang mengalami kerusakan oksidatif menjadi berkurang sifat nutrisinya, bahkan dapat berdampak negatif pada kesehatan.

Enkapsulasi diketahui dapat mempertahankan kandungan albumin. Enkapsulasi merupakan proses fisik untuk melindungi senyawa tertentu dari pengaruh lingkungan agar dapat disimpan dalam waktu lama dan mudah melepaskan senyawa tersebut pada saat dibutuhkan (Hasibuan et al., 2017; Bakry et al., 2016; Zavareze et al., 2014). Enkapsulasi *bovine serum albumin* (BSA) dengan penyalut *poly (DL-lactide-co-glycolide)* (PLGA) dengan metode *spray drying* mampu meningkatkan efisiensi enkapsulasi hingga 70-80% (Giunchedi et al., 2001). Raheja et al. (2013) melaporkan enkapsulasi BSA dengan metode *coaxial electro-spinning* dapat mempertahankan struktur sekunder BSA. Selanjutnya, Zhao dan Zacharia (2018) menyebutkan enkapsulasi BSA dengan penyalut *poly(acrylic acid)-poly (allylamine hydrochloride)* (PAA-PAH) dengan metode koaservasi dapat mempertahankan struktur sekunder BSA. Proses enkapsulasi BSA juga dilaporkan oleh Fauzy (2018) dalam matriks silika gel dari tetraetilortosilikat (TEOS) dan tetrametilortosilikat (TMOS).

Proses enkapsulasi albumin dari ikan telah dilakukan, antara lain enkapsulasi albumin dari ikan dorade (*Sparus aurata*) dengan penyalut natrium alginat-kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dengan metode *ionic gelation* (Sáez et al., 2015). Enkapsulasi albumin dengan metode *ionic gelation* dengan penyalut kitosan-NaTPP dari ikan gabus (*C. striata*) dapat meningkatkan efisiensi penangkapan albumin 51,40% (Rahmawanty et al., 2017). Penelitian sejenis dari ikan hering (*Clupeonella cultriventris* Caspia) dapat mempertahankan kapasitas antioksidan albumin (Ramezanzade et al., 2021). Rawendra et al. (2019) melaporkan teknik enkapsulasi albumin

dari belut (*Anguilla bicolor*) dengan bahan penyalut maltodekstrin-gum arab dengan metode *freeze drying* yang dapat mempertahankan kandungan albumin 12,84 mg/mL. Syarat utama bahan penyalut pada metode enkapsulasi adalah tidak bereaksi dengan senyawa inti (Nedovic et al., 2011).

Berbagai metode enkapsulasi albumin di atas umumnya menggunakan teknologi yang relatif tinggi dan bahan yang relatif sulit diaplikasikan pada industri kecil. Oleh karena itu, diperlukan metode enkapsulasi dengan teknologi yang sederhana dengan memanfaatkan bahan yang mudah diperoleh seperti minyak kemiri, minyak zaitun, minyak wijen, dan minyak kelapa (VCO) yang juga bermanfaat untuk kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas ekstrak hidrolisat ikan gabus (*C. striata*) yang dienkapsulasi dengan minyak (VCO, zaitun, kemiri, atau wijen) dengan lama penyimpanan hingga 8 minggu. Aplikasi minyak ini sebagai penyalut enkapsulan hidrolisat ikan gabus diharapkan dapat menjaga kandungan albuminnya.

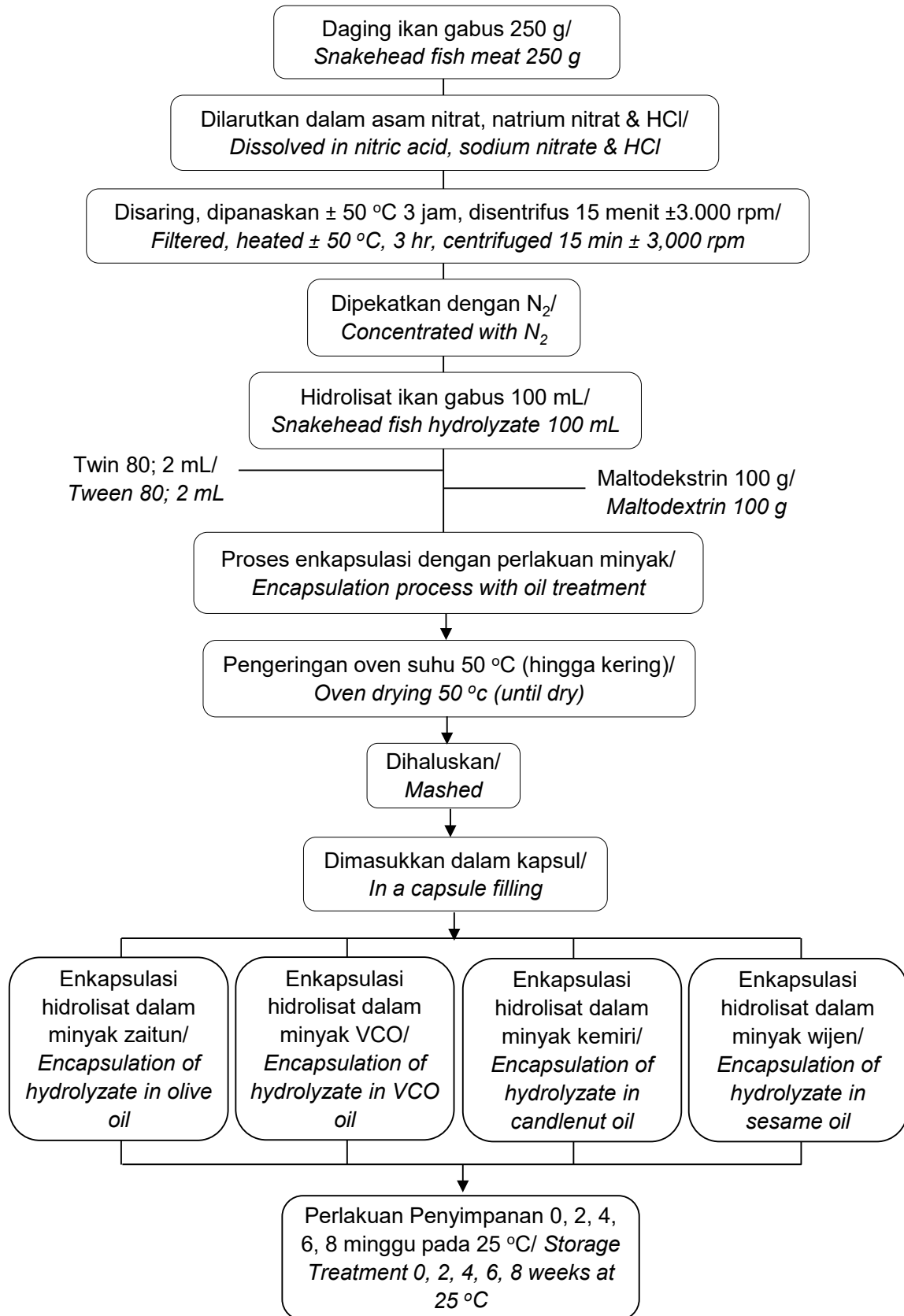
## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Ikan gabus hidup (*C. striata*) dengan berat 250-600 g/ekor diperoleh dari pasar tradisional di Sigi Biromaru, Sulawesi Tengah. Ikan gabus ini merupakan hasil tangkapan dari rawa dan sungai di daerah ini. Ikan gabus dibawa dalam keadaan hidup ke laboratorium untuk dibersihkan dan diambil dagingnya. Penyalut yang digunakan adalah minyak kemiri, minyak zaitun, minyak wijen, atau minyak kelapa (VCO) yang diperoleh dari pasar dan supermarket di kota Palu. Bahan lain yang digunakan adalah maltodekstrin (Indo. Food Chem.), Tween 80 (Merck), asam sitrat monohidrat (Merck), trisodium sitrat (Merck), HCl 37% (Merck), sodium klorida (Merck), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan cangkang kapsul dari bahan gelatin yang dijual di pasar setempat.

### Metode

Penelitian dilakukan dengan 4 perlakuan, yaitu perbedaan jenis minyak enkapsulan (minyak kemiri, minyak zaitun, minyak wijen, dan minyak kelapa (VCO)) dan waktu penyimpanan (0, 2, 4, 6, dan 8 minggu) pada suhu ruang  $\pm 25^\circ\text{C}$ . Tiap perlakuan dilakukan pengulangan 3 kali. Parameter yang diamati adalah kadar albumin, kapasitas antioksidan, kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar abu. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian  
Figure 1. Flowchart of the study procedure

## Pembuatan hidrolisat ikan gabus

Sebanyak 250 g daging ikan gabus yang telah halus dilarutkan dalam asam nitrat 0,01 M, natrium nitrat 0,01 M dengan pH 5, dan HCL 1% 0,01 M. Kemudian hidrolisat disaring dan dipanaskan pada suhu  $\pm 50^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Selanjutnya sampel disentrifus selama 15 menit pada kecepatan  $\pm 3.000$  rpm. Hidrolisat kemudian dipekatkan dengan gas nitrogen hingga tersisa 1/3 bagian (Asfar et al., 2019; Romadhoni et al., 2016).

## Proses enkapsulasi

Metode enkapsulasi dilakukan berdasarkan metode Supriyadi dan Rujita (2013) yang dimodifikasi dengan mengeringkan bahan enkapsulan dengan oven vakum pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . Modifikasi dilakukan dengan memperhatikan karakteristik bahan dan alat yang digunakan agar bahan enkapsulan yang digunakan tidak bereaksi dengan bahan inti dan dapat melindungi bahan inti (Nedovic et al., 2011). Sebanyak 100 mL hidrolisat ikan gabus disalut dengan maltodekstrin 100 g, tween 80 sebanyak 2 mL, dan minyak penyalut sebagai perlakuan (minyak kemiri, minyak zaitun, minyak wijen, atau minyak kelapa (VCO)) sebanyak 5 mL. Bahan dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* 200 rpm, kemudian dikeringkan dalam oven vakum pada suhu  $\pm 50^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 78$  jam. Setelah kering bahan dihaluskan dan dimasukkan ke dalam kapsul.

## Analisis mutu hidrolisat ikan gabus

Mutu hidrolisat ikan gabus dianalisis berdasarkan parameter kadar albumin, kapasitas antioksidan, asam lemak bebas, kadar air, dan abu. Kadar albumin ekstrak hidrolisat ikan gabus yang telah dienkapsulan dengan minyak diukur dengan metode UV-Vis absorbansi (Mustriani et al., 2016). Kapasitas antioksidan ekstrak hidrolisat ikan gabus yang telah dienkapsulasi dengan minyak diukur dengan metode iodometri (titrasi vitamin C) berdasarkan metode Ngginak et al. (2019). Asam lemak bebas, kadar air, dan abu ekstrak hidrolisat ikan gabus yang telah dienkapsulasi diukur dengan metode AOAC (2005).

## Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan rancangan acak lengkap faktorial. Jika terdapat perbedaan antara perlakuan ( $p < 0,05$ ), maka dilanjutkan dengan uji Tukey. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS 20.0 untuk Windows (IBM Corp. NY, USA).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

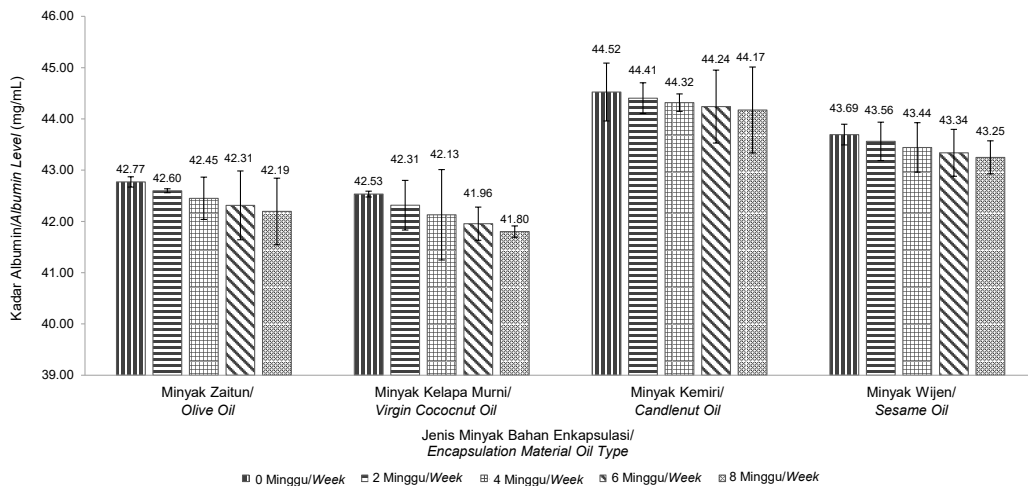
### Kadar Albumin

Hasil analisis ekstrak hidrolisat ikan gabus yang dienkapsulasi dengan minyak zaitun, VCO, minyak kemiri, atau minyak wijen menunjukkan perlakuan minyak yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kadar albumin ( $p < 0,05$ ). Sementara itu, perlakuan waktu penyimpanan tidak berpengaruh terhadap perubahan kadar albumin ( $p > 0,05$ ). Kadar albumin dari ekstrak hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak yang berbeda berkisar 16,72-17,81%, atau memenuhi SNI tentang ekstrak albumin ikan gabus, yaitu 15% (BSN, 2014). Kadar albumin ekstrak hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak zaitun berkisar 16,88-17,11%, sementara itu pada enkapsulasi dengan VCO berkisar 16,72-17,01%, dengan minyak kemiri sebesar 17,70-17,81%, dan dengan minyak wijen sebesar 17,30-17,48%.

Gambar 2 menunjukkan kandungan albumin pada hidrolisat ikan gabus yang dienkapsulasi dengan minyak menurun seiring pertambahan waktu simpan. Dari tiap perlakuan enkapsulasi, kadar albumin mengalami penurunan selama penyimpanan 8 minggu, yaitu minyak zaitun (0,58 mg/mL), minyak VCO (0,73 mg/mL), minyak kemiri (0,35 mg/mL), dan minyak wijen (0,45 mg/mL). Akan tetapi, tingkat penurunannya tidak signifikan ( $p > 0,05$ ), hal ini disebabkan albumin mengandung antioksidan, yang dapat menangkap radikal bebas karena banyaknya gugus sulfidril ( $-\text{SH}$ ) (Kusumaningrum et al., 2014). Dari hasil penelitian sebelumnya menunjukkan tanpa proses enkapsulasi, kadar albumin akan menurun selama penyimpanan (Christiansen & Skotland, 2010; Olisekodiaka et al., 2011; Alberghina et al., 2013). Selanjutnya, albumin yang dienkapsulasi dengan metode poly (lactide-co-glycolide) (PLG) microspheres, mampu bertahan hingga 90% setelah 19 hari penyimpanan (Castellanos et al. 2001). Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa minyak yang digunakan dalam proses enkapsulasi hidrolisat ikan gabus dapat membantu mempertahankan konsentrasi albumin selama penyimpanan.

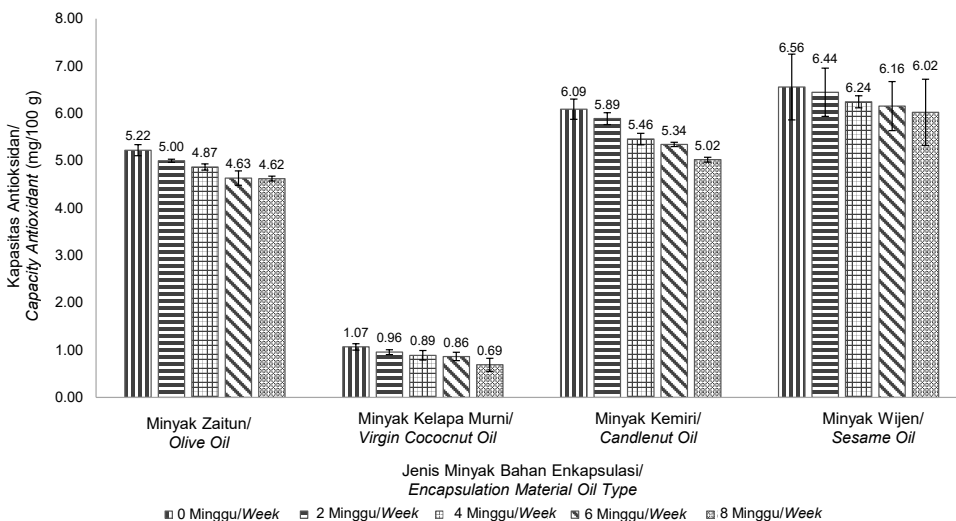
### Kapasitas Antioksidan

Gambar 3 menunjukkan kapasitas antioksidan hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak zaitun berkisar  $4,62 \pm 0,05$ - $5,22 \pm 0,12$  mg/100 g, dengan VCO berkisar  $0,69 \pm 0,14$ - $1,07 \pm 0,07$  mg/100 g, dengan minyak kemiri sebesar  $5,02 \pm 0,05$ - $6,09 \pm 0,21$  mg/100 g, dan dengan minyak wijen



Gambar 2. Kadar albumin hidrolisat ikan gabus dalam enkapsulasi dengan minyak berbeda selama penyimpanan

Figure 2. Albumin Level of snakehead fish hydrolyzate with various oil encapsulations during storage



Gambar 3. Kapasitas antioksidan hidrolisat ikan gabus dalam enkapsulasi minyak selama waktu penyimpanan 8 minggu

Figure 3. Antioxidant capacity of snakehead fish hydrolyzate in oil encapsulation during 8 weeks storage

sebesar  $6,02 \pm 0,70 - 6,56 \pm 0,69$  mg/100 g, yang menurun seiring dengan waktu penyimpanan. Selanjutnya, perlakuan minyak enkapsulasi dan waktu penyimpanan yang berbeda memberikan dampak pada kapasitas antioksidan ( $p < 0,05$ ). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa lama penyimpanan hidrolisat ikan gabus 0 dan 2 minggu menunjukkan perbedaan kapasitas antioksidan dengan lama penyimpanan 4, 6, dan 8 minggu.

Selain oleh faktor penyimpanan, perbedaan kapasitas antioksidan dapat disebabkan karena perbedaan sifat antioksidan dari masing-masing

minyak enkapsulan. Fauziah et al. (2017) melaporkan minyak zaitun berpotensi sebagai antioksidan karena mengandung senyawa flavonoid dan turunan fenol. Minyak zaitun memiliki senyawa antioksidan beragam, seperti tokoferol,  $\beta$ -karoten, lutein, squalene, lipofilik, dan fenol hidrofilik. Selain itu, minyak zaitun juga mengandung asam fenolik dan turunannya (asam vanilat, asam galat), alkohol fenolik (tiroso, hidroksitiroso), *secoiridoid* (oleuropein, leocanthal), lignan (pinoselin), dan flavon (luteolin) (Kabaran, 2019). Basuny (2019) menyatakan minyak zaitun dapat berperan sebagai

pengawet alami karena mengandung polifenol, vitamin E, dan antioksidan alami.

Wiyani et al. (2020) melaporkan VCO memiliki aktivitas antioksidan karena mengandung sterol, vitamin E, dan polifenol (asam fenolik). Senyawa polifenol pada VCO menunjukkan efek penghambatan pada peroksidasi lipid mikrosomal dan menstimulasi enzim antioksidan (Nevin & Rajamohan, 2009). Aktivitas penghambatan radikal DPPH VCO adalah  $27,60 \pm 2,08\%$  pada konsentrasi DPPH 0,2 mM (Hanjaya et al., 2020). Marina et al. (2009) melaporkan total fenol pada VCO berkisar 12–25 mg GAE/100 g dan senyawa fenolik pada VCO berkontribusi pada kapasitas antioksidan yang berinteraksi dengan protein dalam makanan dan melindunginya dari oksidasi dan degradasi (Lozano-Castellon et al., 2022).

Yusri et al. (2020) melaporkan minyak kemiri kaya asam lemak tidak jenuh yang dapat diaplikasikan dalam makanan dan minuman sebagai antioksidan alami. Asam heksadekanoat, asam oktadesenoat, dan asam eikosanoat merupakan asam lemak dominan dalam minyak kemiri dan berperan sebagai antioksidan dengan  $IC_{50}$  30,37 mg/mL (Siddique et al., 2011). Erwiyani et al. (2016) menyebutkan, emulsi minyak kemiri dalam air berbasis gel dapat mempertahankan kapasitas antioksidan dan kandungan flavonoid dalam jus stroberi kering.

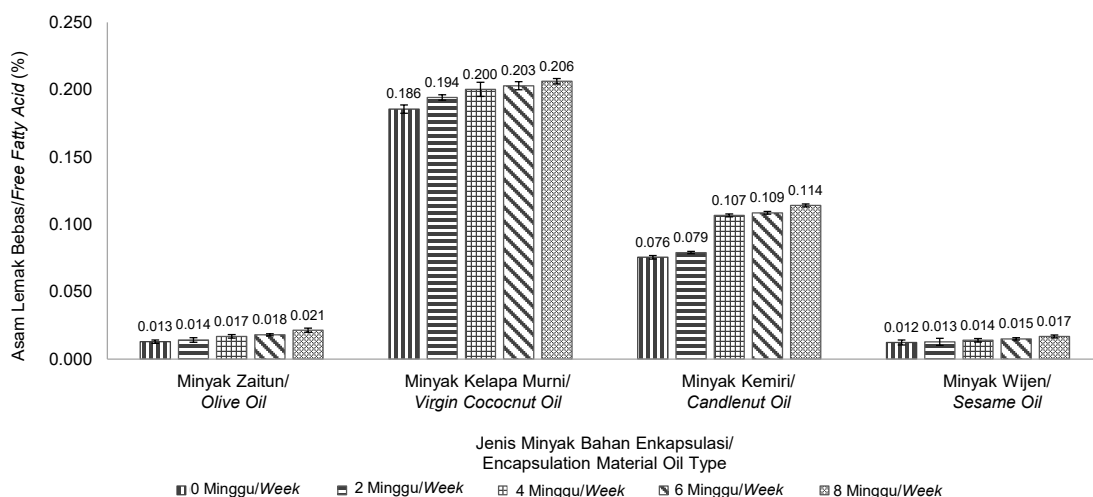
Mohamed dan Awatif (1998) menyatakan minyak wijen menunjukkan antioksidan yang kuat dan dapat digunakan sebagai antioksidan alami pada makanan. Minyak wijen mengandung asam

lemak tidak jenuh, senyawa lignan, tokoferol, dan sedikit asam lemak bebas yang dapat melindungi makanan dari autooksidasi (Wan et al., 2015). Mekky et al. (2021) menyebutkan minyak wijen bersifat antioksidan karena mengandung asam fenolik, lignan, flavonoid, senyawa nitrogenous, dan asam organik. Kandungan total fenol minyak wijen dilaporkan sebesar  $26,00 \pm 0,14$  mg GAE/g dengan kemampuan antioksidan 0,026 mg/mL (metode DPPH), dan 58% (metode ABTS) (Bopitiya & Madhujith, 2013).

### Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas merupakan hasil hidrolisis minyak dan lemak yang mengindikasikan terjadinya oksidasi (Nurulain et al., 2021). Hasil analisis kadar asam lemak bebas (Gambar 4) memperlihatkan peningkatan seiring dengan lama penyimpanan. Perlakuan bahan enkapsulasi dengan minyak berbeda dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kadar asam lemak bebas ( $p < 0,05$ ). Enkapsulasi dengan VCO menghasilkan kadar asam lemak bebas tertinggi, diikuti oleh minyak kemiri, minyak zaitun, dan minyak wijen.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan waktu penyimpanan hidrolisat ikan gabus selama 0, 2, 4, dan 6 minggu berpengaruh terhadap kadar asam lemak bebasnya. Peningkatan kadar asam lemak bebas dari tiap perlakuan minyak penyalut hidrolisat ikan gabus selama penyimpanan berbanding terbalik dengan kapasitas antioksidan dan kadar albuminnya. Kadar asam lemak bebas yang



Gambar 4. Asam lemak bebas dari hidrolisat ikan gabus dalam enkapsulasi minyak selama waktu penyimpanan 8 minggu

Figure 4. Free fatty acid of snakehead fish hydrolyzate in oil encapsulation during 8 weeks storage

semakin meningkat mengindikasikan terjadinya proses oksidasi seiring dengan lama penyimpanan sebagai akibat proses hidrolisis dan oksidasi (Irawan et al., 2013).

Hasil analisis asam lemak bebas pada penelitian ini menunjukkan minyak yang digunakan sebagai bahan kapsulasi belum teroksidasi dan masih layak digunakan. Kadar asam lemak bebas hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak zaitun berkisar  $0,013 \pm 0,001 - 0,021 \pm 0,002\%$ , sedangkan kadar asam lemak bebas minyak zaitun dilaporkan  $0,10 - 0,53\%$  (Ayton et al., 2012), dan menurut SNI 01-4474-1998 maksimal  $1,8\%$  (BSN, 1998a). Penelitian sebelumnya menunjukkan kadar asam lemak bebas hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan VCO sebesar  $0,186 - 0,206\%$ , sedangkan kadar asam lemak bebas VCO berkisar  $0,22 - 0,33\%$  (Suryani et al., 2020; Hanjaya et al., 2020; Arpi, 2013). Menurut SNI-7381:2008 kadar asam lemak bebas VCO maksimal  $0,2\%$  (BSN, 2008).

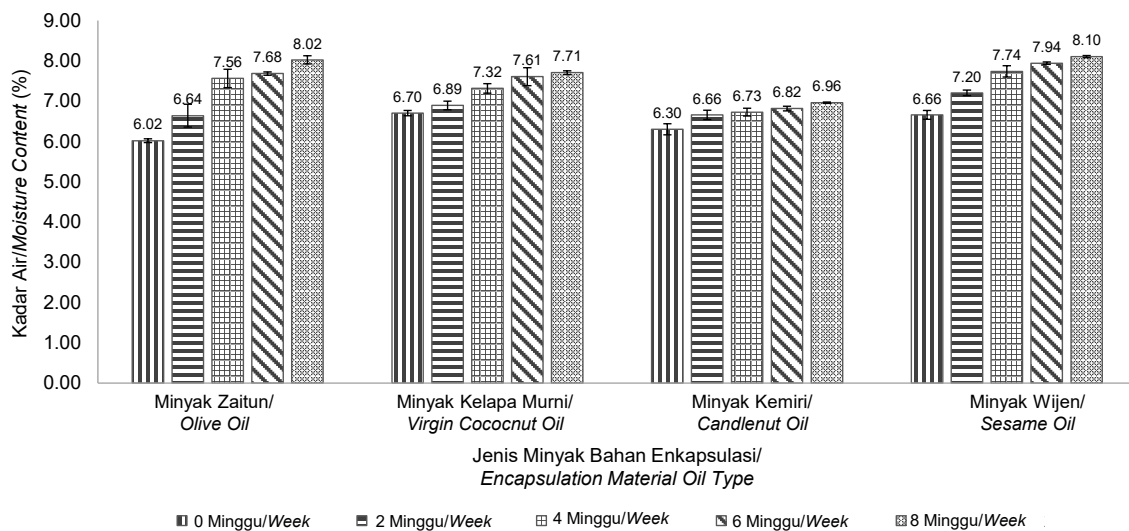
Kadar asam lemak bebas hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak kemiri berkisar  $0,076 \pm 0,001 - 0,114 \pm 0,001\%$ . Hasil penelitian Shaah et al. (2020) menunjukkan kandungan asam lemak bebas minyak kemiri  $7 - 15\%$ . Kadar asam lemak bebas hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak wijen berkisar  $0,012 \pm 0,002 - 0,017 \pm 0,001\%$ . Hadajani et al. (2010) melaporkan kadar asam lemak bebas minyak wijen  $1,02\%$  yang disimpan pada suhu  $40^\circ\text{C}$ , sedangkan Thakur et al. (2018) melaporkan kadar asam lemak bebas minyak wijen dari berbagai varietas berkisar  $0,15 - 1,63\%$ . Menurut

SNI-4468:1998, kadar asam lemak bebas minyak wijen maksimal  $1\%$  (BSN, 1998b).

Hasil analisis kadar asam lemak bebas menunjukkan bahwa minyak yang digunakan sebagai bahan kapsulasi belum teroksidasi, yang ditunjukkan konsentrasinya masih dibawah batas maksimal SNI. Jika dihubungkan dengan hasil analisis kadar albumin, minyak kemiri merupakan kapsulasi paling baik, diikuti oleh minyak wijen, minyak zaitun, dan VCO. Pada perlakuan dengan minyak kemiri, kadar albumin selama penyimpanan menurun  $0,79\%$ , sedangkan pada minyak wijen  $1,02\%$ , minyak zaitun  $1,35\%$ , dan VCO  $1,72\%$ . Kadar asam lemak bebas yang rendah berhubungan dengan sifat antioksidan dari albumin dan kapasitas antioksidan. Kadar asam lemak bebas yang meningkat diduga disebabkan oleh waktu penyimpanan dan kadar air. Proses oksidasi yang lambat selama penyimpanan akan menghasilkan asam lemak bebas yang rendah pula (Ayton et al., 2012)

### Kadar Air

Pengukuran kadar air hidrolisat ikan penting dilakukan karena berhubungan dengan peningkatan asam lemak bebas, kadar albumin, dan masa simpan produk (Musafira et al., 2020). Kadar air yang tinggi dapat mempercepat proses oksidasi sehingga meningkatkan asam lemak bebas pada produk minyak (Ulfindrayani & A'yuni, 2018). Gambar 5 menunjukkan kadar air hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak zaitun selama penyimpanan



Gambar 5. Kadar air hidrolisat ikan gabus dalam kapsulasi minyak selama waktu penyimpanan 8 minggu  
 Figure 5. Moisture content of snakehead fish hydrolyzate in oil encapsulation during 8 weeks storage

berkisar  $6,02 \pm 0,05 - 8,02 \pm 0,10\%$ , dengan VCO berkisar  $6,70 \pm 0,07 - 7,71 \pm 0,05\%$ , dengan minyak kemiri sebesar  $6,30 \pm 0,14 - 6,96 \pm 0,02\%$ , dan dengan minyak wijen sebesar  $6,66 \pm 0,011 - 8,10 \pm 0,03\%$ .

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan minyak bahan enkapsulan dan waktu penyimpanan berpengaruh terhadap kadar air ( $p < 0,05$ ) hidrolisat ikan gabus, kecuali pada perlakuan dengan minyak zaitun dan VCO. Hasil analisis mengindikasikan bahwa waktu penyimpanan berpengaruh terhadap kadar air hidrolisat ikan gabus, khususnya pada waktu simpan 0, 2, 4, dan 6 minggu. Kadar air hidrolisat ikan gabus pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu albumin ikan gabus berdasarkan SNI 8074:2014, yaitu maksimal 8% (BSN, 2014). Gambar 5 menunjukkan selama penyimpanan 8 minggu, kadar air hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan VCO dan minyak kemiri masih memenuhi syarat SNI, sedangkan yang disalut dengan minyak zaitun dan minyak wijen telah mendekati nilai maksimal SNI. Peningkatan kadar air pada tiap perlakuan hidrolisat ikan gabus sebagai akibat dari degradasi protein albumin (Duralliu et al., 2020). Selama masa penyimpanan degradasi albumin dapat terjadi sebagai akibat terjadinya oksidasi protein (Obianwuna et al., 2022).

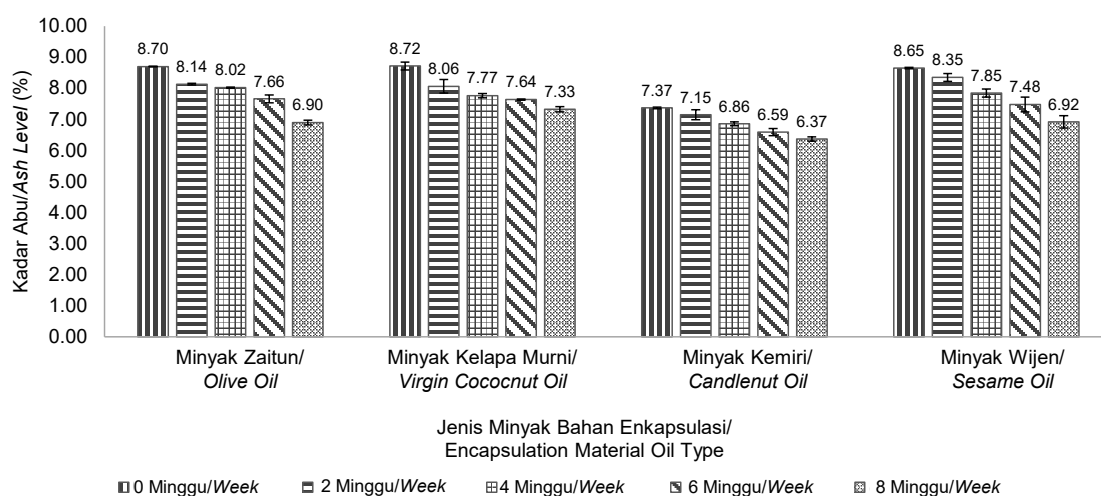
Selain karena oksidasi albumin, peningkatan kadar air hidrolisat ikan gabus selama penyimpanan dapat disebabkan oleh oksidasi minyak bahan enkapsulan melalui proses autooksidasi yang membentuk molekul air (Montesqrit & Ovianti, 2013). Proses oksidasi minyak dapat dilihat dengan meningkatnya kadar asam lemak bebas selama penyimpanan walaupun tidak signifikan.

Hal ini mengindikasikan minyak enkapsulan dapat menahan kerusakan struktur sekunder albumin yang berperan terhadap sifat fungsionalnya. Pada saat terjadi oksidasi, struktur sekunder albumin yang melibatkan interaksi antara atom oksigen dengan atom hidrogen akan memproduksi molekul air (Delles & Xiong, 2014).

Gambar 2 dan 5 menunjukkan penurunan kadar albumin dan peningkatan kadar air selama masa penyimpanan 8 minggu tidak terlalu tinggi. Hal ini mengindikasikan kemampuan minyak sebagai bahan enkapsulasi dalam melindungi albumin dari degradasi akibat oksidasi. Kemampuan perlindungan ini berhubungan dengan kapasitas antioksidan albumin sendiri dan minyak sebagai bahan enkapsulan. Anraku et al. (2008) melaporkan substansi antioksidan dapat melindungi albumin dari oksidasi. Selain itu, kandungan mineral dalam albumin, seperti Zn dan Cu berperan sebagai mineral antioksidan yang turut mendukung daya tahan albumin selama masa penyimpanan (de Castro et al., 2014).

#### Kadar Abu

Kadar abu mengindikasikan kandungan mineral dalam suatu bahan (Nurhidayah et al., 2019). Ikan gabus dilaporkan selain mengandung albumin, juga mengandung lemak, glukosa, dan mineral seperti Zn, Cu, dan Fe (Alfarisy, 2014). Gambar 6 menunjukkan kadar abu hidrolisat ikan gabus yang disalut dengan minyak zaitun berkisar  $6,90 \pm 0,08 - 8,70 \pm 0,01\%$ , dengan VCO berkisar  $7,33 \pm 0,08 - 8,72 \pm 0,12\%$ , dengan minyak kemiri sebesar  $6,37 \pm 0,07 - 7,37 \pm 0,03\%$ , dan dengan minyak wijen sebesar  $6,92 \pm 0,20 - 8,65 \pm 0,02\%$ , yang menurun



Gambar 6. Kadar abu hidrolisat ikan gabus dalam enkapsulasi minyak selama waktu penyimpanan 8 minggu

Figure 6. Ash content of snakehead fish hydrolyzate in oil encapsulation during 8 weeks storage



seiring dengan waktu penyimpanan. Hal ini diduga berkaitan dengan peningkatan kadar air hidrolisat ikan pada tiap perlakuan. Pramusita (2019) menyatakan penurunan kadar abu berkorelasi negatif dengan kadar air. Peningkatan aktivitas air akan diikuti oleh pertumbuhan mikroba yang membutuhkan nutrisi seperti mineral, sehingga kandungan mineral dalam suatu bahan pangan akan berkurang masa penyimpanan (Faizah & Haryanti, 2020; Putri et al., 2017).

Hasil uji lanjut menunjukkan tidak terdapat perbedaan kadar abu antara perlakuan enkapsulasi dengan minyak zaitun, VCO, dan minyak wijen, namun berbeda pada perlakuan dengan minyak kemiri. Hasil uji tukey juga menunjukkan terdapat perbedaan kadar abu pada waktu simpan 0, 2, 4, dan 6 minggu, terhadap waktu penyimpanan 8 minggu. Mustafa et al. (2012) melaporkan, dalam 100 mL ekstrak ikan gabus (*C. striata*) terdapat mineral Zn  $3,34 \pm 0,8$  mg, Cu  $2,34 \pm 0,98$  mg, dan Fe  $0,20 \pm 0,09$  mg. Mineral Zn dan Cu berhubungan dengan sifat antioksidan suatu pangan dan dapat mereduksi radikal bebas dengan mengaktifkan enzim antioksidan (Johnson et al., 1992; Marreiro et al., 2017).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat perlakuan minyak (kemiri, zaitun, VCO, dan wijen) dapat digunakan sebagai bahan enkapsulasi karena berperan dalam mempertahankan kadar albumin hidrolisat ikan gabus selama waktu penyimpanan. Minyak kemiri yang paling baik mempertahankan berkurangnya kadar albumin hidrolisat ikan gabus (0,79%), diikuti oleh minyak wijen (1,02%), minyak zaitun (1,35%), dan VCO (1,72%). Kualitas minyak kemiri sebagai bahan enkapsulasi perlu memperhatikan kadar asam lemak bebas tidak lebih dari 0,1-1,5% dan kadar air kurang dari 0,15%, agar tidak turut berperan dalam oksidasi albumin hidrolisat ikan gabus. Penelitian lebih lanjut perlu mengevaluasi kadar mineral Zn dan Cu serta kandungan asam amino dalam waktu penyimpanan lebih dari 8 minggu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi untuk dukungan pendanaan skema hibah Penelitian Tesis Magister Tahun 2020 (Kontrak No.305/UN28.2/PL/2020).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alberghina, D., Casella, S., Giannetto, C., Marafioti, S., & Piccione, G. (2013). Effect of storage time and temperature on the total protein concentration and electrophoretic fractions in equine serum. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 77(4), 293–296.
- Alfarisy, M. U. (2014). Pengaruh jenis kelamin dan ukuran terhadap kadar albumin pada ikan gabus (*Channa striata*). Skripsi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Retrieved from <https://repository.its.ac.id/452/1/1508100705-Paper.pdf>
- Alviodynasyari, R., Pribadi, E. S. & Soejoedono, R. D. (2019). Kadar protein terlarut dalam albumin ikan gabus (*Channa striata* dan *Channa micropeltes*) asal bogor. *Jurnal Veteriner*, 20(3), 436–444. doi:10.19087/jveteriner.2019.20.3.436
- Anraku, M., Kabashima, M., Namura, H., Maruyama, T., Otagiri, M., Gebicki, J. M., Furutani, N., & Tomida, H. (2008). Antioxidant protection of human serum albumin by chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43, 159–164. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2008.04.006
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed). AOAC International.
- Arpi, N. (2013). Profil *medium chain fatty acids* (MCFA) dan sifat kimia minyak kelapa (*virgin coconut oil*) VCO, minyak simplah, pliek u, klentik, dan kopra) dibandingkan dengan minyak sawit. *SAGU*, 12(2), 23–31.
- Asfar, M., Tawali, A. B., Pirman, & Mahendradatta, M. (2019). Ekstraksi albumin ikan gabus (*Channa striata*) pada titik isoelektriknya. *Jurnal Agercolere*, 1(1), 6–12.
- Ayton, J., Mailer, R. J. & Graham, K. (2012). *The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality* (p. 16-23). Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Bakry, A. M., Abbas, S. A. B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 143–182. doi:10.1111/1541-4337.12179
- Basuny, A. M. (2019). Antioxidants in Olive Oil. In Muzzalupo, I. (Ed.) *Technological Innovation in the Olive Oil Production Chain* (pp. 1-15). London: IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.80993
- Bopitiya, D. & Madhujith, T. (2013). Antioxidant activity and total phenolic content of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil. *Tropical Agricultural Research*, 24(3), 296–302. doi: 10.4038/tar.v24i3.8015
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1998a). *SNI No. 4474:1998 tentang Minyak Zaitun Sebagai Minyak Makanan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1998b). *SNI No. 4468:1998 tentang Minyak Wijen Sebagai Minyak Makan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2008). *SNI No. 7381:2008 tentang Minyak kelapa virgin (VCO)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2014). *SNI No. 8074:2014 tentang Ekstrak Albumin Ikan Gabus*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Castellanos, I. J., Carrasquillo, K. G., Lo! Pez, J. D. J., Alvarez, M. & Griebenow, K. 2001. Encapsulation of bovine serum albumin in poly(lactide-co-glycolide) microspheres by the solid-in-oil-in-water technique. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53, 167–178.
- Christiansen, C. & Skotland, T. (2010). Changes of protein solutions during storage: a study of albumin pharmaceutical preparations. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 55, 121–130. doi: 10.1042/BA20090239
- de Castro, L. L., Martins, M. C. C., Garcez, A. M., Pacheco, J. F. R., Cunha, F. V. M., Neto, J. M. M., de Freitas, M. C. L. & de Melo Cunha, L. A. (2014). Hypoalbuminemia and oxidative stress in patients on renal hemodialysis program. *Nutrición Hospitalaria*, 30(4), 952–959. doi:10.3305/nh.2014.30.4.7667
- Delles, R. M. & Xiong, Y. L. (2014). The effect of protein oxidation on hydration and water-binding in pork packaged in an oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 97, 181–188. doi:10.1016/j.meatsci.2014.01.022
- Duralliu, A., Matejtschuk, P., Stickings, P., Hassall, L., Tierney, R. & Williams, D.R. (2020). The influence of moisture content and temperature on the long-term storage stability of freeze-dried high concentration immunoglobulin G (IgG). *Pharmaceutics*, 12, 303. doi:10.3390/pharmaceutics12040303
- Erwiyani, A.R., Martodihardjo, S. & Lukitaningsih, E. (2016). Antioxidant activity of dried strawberry juices (*Fragaria vesca* L.) emulgel preparation using candlenut oil and its diffusion. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 27(3), 145–151. doi: 10.14499/indonesianjpharm27iss3pp145
- Faizah, N. I. & Haryanti, S. (2020). Pengaruh lama dan tempat penyimpanan yang berbeda terhadap kandungan gizi umbi jalar (*Ipomoea batatas*) var. Manohara. *Jurnal Akademika Biologi*, 9(2), 8–14.
- Fauziah, M. U., Supriadin, A. & Berghuis, N. T. (2017). Aktivitas antioksidan ekstrak metanol pada ekstrak virgin minyak zaitun kemasan. *al-Kimiya*, 4(2), 61–69. doi: 10.15575/ak.v4i2.5086
- Fauzy, A. (2018). Enkapsulasi protein bovineserum albumin (BSA) pada matriks silika gel dari tetraetilortosilikat (TEOS) dan tetrametilortosilikat (TMOS) dengan metode sol-gel. Tesis pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Retrieved from [http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail\\_pencarian/159663#filepdf](http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/159663#filepdf)
- Giunchedi, P., Conti, B., Genta, I., Conte, U. & Puglisi, G. (2001). Emulsion spray-drying for the preparation of albumin-loaded PLGA microspheres. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 27(7), 745–750. doi:10.1081/ddc-100107331
- Handajani, S., Manuhara, G. J., & Anandito, B. K. (2010). Pengaruh suhu ekstraksi terhadap karakteristik fisik, kimia dan sensoris minyak wijen (*Sesamum Indicum* L.). *Agritech*, 30(2), 116–122. doi:10.22146/agritech.9682
- Hanjaya, C., Pranata, F. S., & Swasti, Y.R. (2020). Quality of virgin coconut oil with addition of peppermint oil. *agriTECH*, 40(3), 215–222. doi:10.22146/agritech.43321
- Harianti. (2011). Ikan gabus (*Channa striata*) dan berbagai manfaat albumin yang terkandung di dalamnya. *Jurnal Balik Diwa*, 2, 18–25.
- Hasibuan, N.E., Tamrin, & Muis, Y. (2017). Mikroenkapsulasi minyak ikan pora-pora (*Mystacoleucus padangensis*) menggunakan metode spray drying untuk aplikasi nutrisi makanan. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 14, 108–114.
- Irawan, C., Awalia, T. N., & Uthami, S. (2013). Pengurangan kadar asam lemak bebas (free fatty acid) dan warna dari minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi. *Konversi*, 2(2), 29–33.
- Johnson, M. A., Fische, J. G. & Kays, S. E. (1992). Is copper an antioxidant nutrient? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32(1), 1–31. doi:10.1080/10408399209527583
- Kabaran, S. (2019). Olive Oil: Antioxidant Compounds and Their Potential Effects over Health. In Lagouri, V. (Ed.) *Functional Food* (pp. 1-19). London: IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.80993
- Kusumaningrum, G. A., Alamsjah, M. A. & Masithah, E. D. (2014). Uji kadar albumin dan pertumbuhan ikan gabus (*Channa striata*) dengan kadar protein pakan komersial yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(1), 25–29. doi:10.20473/jipk.v6i1.11377
- Lozano-Castellon, J., de Alvarenga, J. F. R., Vallverdú-Queralt, A., & Lamuela-Raventos, R.M. (2022). Cooking with extra-virgin olive oil: A mixture of food components to prevent oxidation and degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 123 (2022), 28–36. doi:10.1016/j.tifs.2022.02.022
- Marina, A. M, Che Man, Y. B., Nazimah S. A. H., & Amin I. (2009). Chemical properties of virgin coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(4), 301–307. doi:10.1007/s11746-009-1351-1
- Marreiro, D.N., Cruz, K.J.C., Morais, J.B.S., Beserra, J.B., Severo, J.S. & de Oliveira, A.R.S. (2017). Zinc and oxidative stress: Current mechanisms. *Antioxidants*, 6, 24. doi:10.3390/antiox6020024
- Mekky, R.H., Abdel-Sattar, E., Segura-Carretero, A., & del Mar Contreras, M. (2021). Metabolic profiling of the oil of sesame of the Egyptian cultivar 'Giza 32' employing LC-MS and tandem MS-Based untargeted method. *Foods*, 10, 298. doi:10.3390/foods10020298
- Mohamed, H. M. A. & Awatif, I.I. (1998). The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. *Food Chemistry*, 62(3), 269–276. doi:10.1016/S0308-8146(97)00193-3

- Montesqrit & Ovianti, R. (2013). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap stabilitas minyak ikan dan mikrokapsul minyak ikan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 15(1), 62–68.
- Musafira, Dzulkifli, Fardinah & Nizar. (2020). Pengaruh kadar air dan kadar asam lemak bebas terhadap masa simpan minyak kelapa mandar. *KOVALEN : Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 224–229.
- Mustafa, A., Widodo, M.A. & Kristianto, Y. (2012). Albumin and zinc content of snakehead fish (*Channa striata*) extract and its role in health. *International Journal of Science and Technology*, 1(2), 1–8.
- Mustrini, I., Mappiratu & Nurakhirawati. (2016). Pemanfaatan getah biduri dalam produksi albumin ikan gabus (*Ophiocephalus striatus*). *Kovalen*, 2(3), 24–32.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806–1815. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.265
- Nevin, K.G. & Rajamohan, T. (2009). Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats. *Food Chemistry*, 99(2006), 260–266. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.06.056
- Ngginak, J., Rupidara, A.D.N. & Daud, Y. (2019). Kandungan vitamin C dari ekstrak buah ara (*Ficus carica* L.) dan markisa hutan (*Passiflora foetida* L.). *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 2(2), 54–59. doi:10.24246/juses.v2i2p54-59
- Nurhidayah, B., Soekendarsi, E. & Erviani, A.E. (2019). Kandungan kolagen sisik ikan bandeng *Chanos-chanos* dan sisik ikan nila *Oreochromis niloticus*. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 4(1), 39–47. doi:10.20956/bioma.v4i1.6341
- Nurulain, S., Aziz, N.A., Najib, M.S., Salim, M.R. & Manap, H. (2021). A review of free fatty acid determination methods for palm cooking oil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1921(2021), 012055. doi:10.1088/1742-6596/1921/1/012055
- Obianwuna, U.E., Oleforuh-Okoleh, V.U., Wang, J., Zhang, H.J., Qi, G.H., Qiu, K. & Wu, S.G. (2022). Potential implications of natural antioxidants of plant origin on oxidative stability of chicken albumen during storage: A review. *Antioxidants*, 11, 630. doi:10.3390/antiox11040630
- Olisekodiaka, M.J., Onuegbu, A.J., Ebesunun, O.M., Agbedana, E.O. & Taylor, G.O. (2011). Effects of storage temperature, pH and time on urinary albumin level. *African Journal of Biomedical Research*, 14, 73–75.
- Pramusita, N. (2019). Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Air, Kadar Abu, Dan Kadar Serat Kasar Marshmallow Semangka. Skripsi. Universitas Semarang. Retrieved from <https://repository.usm.ac.id/detail-jurnalmahasiswa-313.html>
- Putri, J.C.S., Haryanti, S. & Izzati, M. (2017). Pengaruh lama penyimpanan terhadap perubahan morfologi dan kandungan gizi pada umbi talas bogor (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Jurnal Biologi*, 6(1), 49–58.
- Rahardjo, S. (2004). *Kerusakan Oksidatif pada Makanan. Pusat Studi Pangan dan Gizi*. Universitas Gadjah Mada; Yogyakarta
- Raheja, A., Agarwal, A., Muthuvijayan, V., Chandra, T.S. & Natarajan, T.S. (2013). Studies on encapsulation of BSA, lysozyme and insulin through coaxial electro-spinning. *Journal of Biomaterials and Tissue Engineering*, 3(6), 669–672. doi:10.1166/jbt.2013.1121
- Rahmawanty, D., Risa, A., Malikhatun, N., Prima, H.R., Nani, K. & Effionora, A. (2017). Nanoparticle preparation and characterization of Haruan fish (*Channa Striata*) extract contains albumin from South Kalimantan with ionic gelation method. *International Journal of Drug Delivery*, 9(2), 47–51. doi:10.5138/09750215.2070
- Ramezanzade, L., Hosseini, S.F., Akbari-Adergani, B. & Yaghmur, A. (2021). Cross-linked chitosan-coated liposomes for encapsulation of fish-derived peptide. *LWT*, 150, 112057. doi:10.1016/j.lwt.2021.112057
- Rawendra, R.D.S., Kosasih, H. & Lo, D. (2019). Retention of albumin in Indonesian shortfin eel meat (*Anguilla bicolor*) by freeze-drying encapsulation using maltodextrin and gum arabic as coating materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1363(1), 12009. doi:10.1088/1742-6596/1363/1/012009
- Romadhoni, A. R., Afrianto, E., Pratama, R. I., & Grandiosa, R. (2016). Extraction of snakehead fish [*Ophiocephalus Striatus* (Bloch, 1793)] into fish protein concentrate as albumin source using various solvent. *Aquatic Procedia*, 7, 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.aapro.2016.07.001>.
- Sáez, M.I., Barros, A.M., Vizcaíno, A.J., López, G., Alarcón, F.J. & Martínez, T.F. (2015). Effect of alginate and chitosan encapsulation on the fate of BSA protein delivered orally to gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, 210, 114–124. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.09.008
- Shaah, M.A., Allafi, F., Hossain, Md.S., Alsaedi, A., Ismail, N., Ab Kadir, M.O. & Ahmad, M.I. (2020). Candlenut oil: review on oil properties and future liquid biofuel prospects. *International Journal of Energy Research*, 2021, 1–23. doi:10.1002/er.6446
- Siddique, B.M., Ahmad, A., Alkarkhi, A.F.M., Ibrahim, M.H. & Omar, M. (2011). Chemical composition and antioxidant properties of candlenut oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Food Science*, 76(4), C535–C542. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02146.x
- Suryani, S., Sariyani, S., Earnestly, F., Marganof, M., Rahmawati, R., Sevindrajuta, S., Mahlia, T.M.I. & Fudholi, A. (2020). A comparative study of virgin coconut oil, coconut oil and palm oil in terms of their active ingredients. *Processes*, 8, 402. doi:10.3390/pr8040402
- Supriyadi & Rujita, A.S. (2013). Karakteristik mikrokapsul minyak atsiri lengkuas dengan maltodekstrin sebagai enkapsulan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 24(2), 201–208. doi:10.6066/jtip.2013.24.2.201
- Thakur, V., Paroha, S. & Mishra, R.P. (2018). Free fatty acid profile of seven sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(7), 3439–3453. doi:10.20546/

ijcmas.2018.707.399

- Ulfindrayani, I.F. & A'yuni, Q. (2018). Penentuan kadar asam lemak bebas dan kadar air pada minyak goreng yang digunakan oleh pedagang gorengan di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(2), 17–22. doi:10.53342/pharmasci.v3i2.111
- Wan, Y., Li, H., Fu, G., Chen, X., Chen, F. & Xie, M. (2015). The relationship of antioxidant components and antioxidant activity of sesame seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 2571–2578. doi:10.1002/jsfa.7035
- Wiyani, L., Rahmawati, Aminah, Aladin, A., Mustafiah & Juniar, M.E. (2020). Antioxidant activity of Virgin Coconut Oil and Virgin coconut Oil Emulsion. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(12), 973–976.
- Yusri, S., Tiffany & Sutanto, H. (2020). Candlenut oil encapsulation with Hidroxypropyl Methylcellulose (HPMC) for body lotion application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1011, 012046. doi:10.1088/1757-899X/1011/1/012046
- Zavareze, E.dR., Telles, A.C., El Halal, S.M. L., da Rocha, M., Colussi, R., de Assis, L.M, de Castro, L.A.S., Dias, A.R.G. & Prentice-Hernández, C. (2014). Production and characterization of encapsulated antioxidative protein hydrolysates from whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) muscle and byproduct. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2 Part 1), 841–848. doi:10.1016/j.lwt.2014.05.013
- Zhao, M. & Zacharia, N.S. (2018). Protein encapsulation via polyelectrolyte complex coacervation: Protection against protein denaturation. *The Journal of Chemical Physics*, 149(16), 163326. doi:10.1063/1.5040346