

KARAKTERISTIK MIKROKAPSUL MINYAK EKSTRAK DARI KEPALA KAKAP MERAH PADA BEBERAPA RASIO BAHAN PENYALUT

Characteristics of Extract Oil Microcapsules from Red Snapper's Head at Some Coating Material Ratio

Desiana Nuriza Putri*, Yessi Maulidhia Nugrahani Wibowo, Noor Harini
Program Studi Teknologi Pangan - Fakultas Pertanian Peternakan - Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 246 - Malang 65144

*Penulis Korespondensi, email: desiana@umm.ac.id

Disubmit : 22 Februari 2020

Direvisi : 30 April 2021

Diterima : 26 Juli 2021

ABSTRAK

Kepala ikan kakap merah merupakan limbah terbanyak yang dihasilkan dari industri *fillet* ikan kakap merah. Minyak ikan hasil ekstraksi dari limbah kepala ikan kakap merah mengandung asam lemak omega 3, omega 6 dan omega 9, namun bersifat kurang stabil dan mudah rusak akibat proses oksidasi. Stabilitas minyak ikan selama penyimpanan dapat ditingkatkan melalui proses mikroenkapsulasi dengan metode *spray drying*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh proporsi bahan penyalut yang berbeda terhadap karakteristik mikrokapsul minyak ikan yang dihasilkan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan faktor perlakuan proporsi bahan penyalut yang terdiri dari 6 level. Analisis statistik pada data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan software SPSS 20 ($\alpha=5\%$). Mikrokapsul dengan karakteristik terbaik dihasilkan dari perlakuan perbandingan antara bahan penyalut dekstrin dan gum arab 2:3, dengan rendemen 17,75%, kadar air 11,32% (bb), kadar lemak 15,65%, ukuran 1653,08 μm dan berwarna putih kekuningan. Selain itu, proses mikroenkapsulasi dengan bahan penyalut dekstrin dan gum arab (2:3) juga menunjukkan bahwa dapat mempertahankan kandungan asam lemak dengan jumlah omega 3 sebesar 14,17%, omega 6 sebesar 4,35% dan omega 9 sebesar 12,53%

Kata kunci: Dekstrin; Gum arab; Ikan Kakap Merah; Limbah; Mikroenkapsulasi

ABSTRACT

Red snapper head is the most waste generated from the red snapper fillet industry. Fish oil extracted from red snapper head waste contains omega-3, omega-6, and omega-9 fatty acids but is less stable and easily damaged due to the oxidation process. The stability of fish oil during storage can be increased through the spray drying method's microencapsulation process. This study aims to examine the effect of different proportions of coating materials on the characteristics of the fish oil microcapsules produced. The study used a randomized block design with a treatment factor of the ratio of coating material consisting of 6 levels. Statistical analysis of research data was carried out using SPSS 20 software ($\alpha=5\%$). Microcapsules with the best characteristics were produced from the comparison treatment between dextrin and gum arabic coating materials 2:3, with a yield of 17.75%, water content 11.32% (bb), fat content 15.65%, size 1653.08 μm , and colored yellowish white. In addition, the microencapsulation process with dextrin and gum arabic coating materials (2:3) also showed that it could maintain the fatty acid content with the amount of omega-3 by 14.17%, omega-6 by 4.35%, and omega-9 by 12.53%

Keywords: Dextrin; Gum arabic Microencapsulation; Red Snapper; Waste

PENDAHULUAN

Industri pengolahan *fillet* ikan kakap merah hanya memanfaatkan bagian daging ikan yang berkisar antara 40–50%, selebihnya menjadi limbah dan belum termanfaatkan secara optimal. Kepala ikan kakap merah merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dengan jumlah terbanyak, yakni mencapai 30% dari total bagian ikan (La Ifa *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil penelitian Putri *et al.* (2020) diketahui bahwa limbah kepala ikan kakap merah berpotensi untuk menjadi bahan baku pembuatan minyak ikan karena mengandung asam lemak esensial yang terdiri dari omega 3, omega 6 dan omega 9 masing-masing sebanyak 14,02%, 4,06, dan 10,40%. Ekstraksi dengan metode rendering basah pada suhu 80°C selama 1 jam menghasilkan minyak ikan terbaik dengan rendemen sebanyak 9,02%, asam lemak bebas 1,02%, angka asam 2,02% dan bilangan peroksida 0,98 meq/kg.

Tingginya kandungan asam lemak esensial dalam minyak ikan dari kepala kakap merah menunjukkan bahwa semakin banyak pula jumlah asam lemak dengan ikatan rangkapnya yang mengakibatkan minyak ikan ini bersifat kurang stabil selama proses penyimpanan. Selain itu, pencampuran langsung minyak ikan sulit untuk dilakukan karena sifatnya yang sensitif terhadap oksidasi dengan adanya oksigen atau sinar ultraviolet, sehingga pengolahan lebih lanjut terhadap minyak ikan menjadi terbatas (Anwar *et al.*, 2017; Idrus, 2013; Pang *et al.*, 2017). Pengolahan minyak kedalam bentuk mikrokapsul akan memudahkan dalam penanganan dan pencampuran bahan aktif ke dalam bahan pangan lain dan meningkatkan stabilitas serta menjadikan bahan-bahan bersifat sensitif mudah untuk diolah lebih lanjut (Pang *et al.*, 2017). Menurut Desai dan Park (2005), mikroenkapsulasi dengan pengeringan semprot (*spray drying*) merupakan alternatif untuk melindungi minyak ikan dan memperluas aplikasi penggunaannya, hal ini karena mikroenkapsulasi dapat mengurangi reaktivitas bahan aktif dari berbagai faktor lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan, seperti oksigen, panas, dan cahaya.

Penentuan bahan penyalut merupakan salah satu tahap penting dalam proses mikroenkapsulasi, bahan yang digunakan umumnya bersifat hidrofilik dan atau hidrofobik yang dapat membentuk film atau membentuk struktur seperti jaringan. Beberapa

bahan penyalut yang biasa digunakan pada proses mikroenkapsulasi asam lemak omega 3 adalah protein, polisakarida, lipid, gum dan selulosa (Hasani *et al.*, 2015; Sanguansri dan Ann Augustin, 2006). Polisakarida seperti maltodekstrin dapat membentuk lapisan (*film*) dan harganya murah, namun kapasitas emulsinya rendah, sedangkan dekstrin memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat menghasilkan lapisan yang tipis (Cano-Higueta *et al.*, 2015; Yulinery dan Nurhidayat, 2016). Disisi lain, gum arab bersifat sangat mudah larut dan secara luas telah digunakan untuk mengenkapsulasi minyak dan rempah (Cano-Higueta *et al.*, 2015). Polisakarida yang dikombinasikan dengan gum arab diharapkan dapat menghasilkan dinding mikrokapsul yang baik. Penelitian Badee *et al.* (2012) menunjukkan bahwa penyalutan minyak pepermin menggunakan gum arab dan maltodekstrin memberikan rasio terbaik pada perbandingan 1:1. Berdasarkan hal tersebut, pelaksanaan penelitian ini ditujukan untuk mengkaji pengaruh proporsi bahan penyalut yang terdiri dari kombinasi polisakarida maltodekstrin dan dekstrin dengan gum arab terhadap karakteristik mikrokapsul minyak ikan dari limbah industri *fillet* ikan kakap merah.

METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kepala ikan kakap merah yang dibeli dari PT. Inti Luhur Fuja Abadi, Pasuruan dengan ukuran berkisar antara 200-300 g/kepala, bahan pendukung yang digunakan yakni maltodextrin DE 10-12 (100%), dekstrin (100%), gum arab Tic Gums (teknis). Bahan kimia yang digunakan meliputi akuades, petroleum benzene Merck (PA), yang diperoleh dari Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan UMM. BF₃, NaCl jenuh, Na₂SO₄ anhidrat, heksana, gas N₂ untuk uji profil asam lemak diperoleh dari PT. Saraswanti Indo Genetech Bogor.

Peralatan yang digunakan yakni *freezer*, panci *stainless*, kompor, talenan, pisau, gelas ukur, sentrifuse Hettich Mikro 220R, timbangan Ohaus, kain saring, botol kaca gelap, termometer, *hot plate stirrer* Romand Type HP03, *magnetic stirrer*, desikator, kurs porselen, kertas saring, soxhlet, *waterbath* Memmert HH4, labu lemak, kertas Whatman No.42, penyaring vakum merk Membran, oven Romand Type 50, plastik, sendok *stainless*, BUCHI *mini spray dryer* B-290,

pompa vakum HanDen Model VP115, vortex merk Thermo Scientific, tube, optilab mikroskop digital, preparat, color reader Konica Minolta, vial dan alat analisis GC-FID Perkin Elmer.

Preparasi Bahan Baku

Preparasi bahan baku pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada metode Putri *et al.* (2020). Limbah kepala ikan kakap merah dibersihkan dan dipisahkan dari kotoran seperti darah, sisik dan lain-lain. Selanjutnya dipotong dengan ukuran 1x1x1 cm, kemudian ditimbang dengan berat masing-masing 250 g/kantong plastik, selanjutnya disimpan dalam keadaan beku (-18 °C) hingga proses ekstraksi dilakukan.

Ekstraksi Minyak Ikan

Ekstraksi minyak ikan ini dilakukan dengan metode rendering basah yang mengacu pada metode ekstraksi Putri *et al.* (2020). Limbah kepala kakap merah yang telah dipreparasi diletakkan ke panci stainless kemudian ditambahkan aquades dengan perbandingan 1:3 (250 g limbah kepala : 750 ml aquades). Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 80 °C selama 1 jam. Minyak yang berada pada permukaan airnya dipisahkan dengan cara diambil dengan sendok secara perlahan, kemudian dipisahkan dari pengotor lainnya seperti aquades dan padatan limbah yang terikut melalui sentrifugasi (4000 rpm, 25 °C selama 4 menit).

Mikroenkapsulasi Minyak Ikan

Proses enkapsulasi minyak ikan dilakukan dengan mengacu pada metode Fasikhatun (2010) yang dimodifikasi. Polisakarida dan gum arab sebanyak 15 g dicampurkan dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan aquades sebanyak 35 g. Campuran tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer pada suhu 60 °C selama 2 menit dengan kecepatan 1425 rpm. Emulsi kemudian didinginkan hingga mencapai suhu 40-45 °C, kemudian 50 g minyak ikan ditambahkan sedikit demi sedikit pada emulsi dan dilakukan homogenisasi kembali selama 8 menit dengan kecepatan yang sama seperti sebelumnya. Terakhir emulsi yang sudah mengandung minyak ikan dikeringkan menggunakan spray dryer dengan suhu inlet 110-115 °C, suhu outlet 80-85 °C, dan kecepatan pompa 40 rpm.

Tabel 1. Proporsi penambahan jenis penyalut dan emulsifier pada emulsi sebelum spray drying

Perlakuan	MD	D	GA
Perlakuan 1	7,5 g	0 g	7,5 g
Perlakuan 2	0 g	7,5 g	7,5 g
Perlakuan 3	6 g	0 g	9 g
Perlakuan 4	0 g	6 g	9 g
Perlakuan 5	4,5 g	0 g	10,5 g
Perlakuan 6	0 g	4,5 g	10,5 g

Keterangan: MD = Maltodekstrin
 D = Dekstrin
 GA = Gum Arab

Analisis Sifat Fisikokimia Mikro kapsul Minyak Ikan

Analisis sifat fisikokimia mikro kapsul minyak ikan dari kepala kakap merah meliputi rendemen Quispe-Condori *et al.* (2011), kadar air dengan metode thermogravimetri (AOAC, 1995), kadar lemak dengan metode soxhlet (AOAC, 2005), kelarutan dengan metode gravimetri Fardiaz *et al.*, (1992), ukuran mikro kapsul dengan alat optilab mikroskop digital Joko (2006), warna dengan alat color reader dan asam lemak dengan alat GC-FID (AOCS, 1993; AOAC, 2000; Nimal Ratnayake *et al.*, 2006 dan SNI, 1992).

Analisis Kelarutan Mikro kapsul Minyak Ikan

Sebanyak 0,5 g mikro kapsul minyak ikan ditimbang lalu dilarutkan dalam 50 ml aquades dan disaring dengan penyaring vakum. Sebelum digunakan, kertas saring dikeringkan terlebih dahulu dalam oven pada suhu 105 °C sekitar 30 menit lalu ditimbang. Setelah proses penyaringan, kertas saring beserta residu bahan dikeringkan kembali dalam oven 105 °C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang. Persentase kelarutan dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$\text{Kelarutan} = \left(1 - \frac{c-b}{\frac{100-\%ka}{100} \times a} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:
 a = berat sampel
 b = berat kertas saring
 c = berat kertas saring + residu
 ka = kadar air sampel (%bb)

Analisis Asam Lemak Mikrokapsul Minyak Ikan

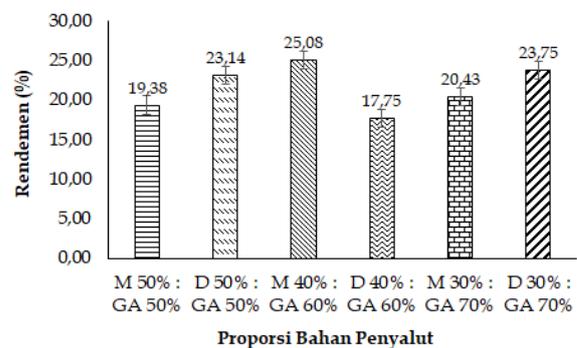
Analisis asam lemak diawali dengan proses ekstraksi minyak ikan dari mikrokapsul minyak ikan menggunakan pelarut heksana. Selanjutnya sejumlah 2-3 g minyak ikan dipreparasi kemudian dimetilasi dengan menambahkan 1,5 ml larutan KOH 0,5 M dalam metanol ke dalam tabung ulir 10 ml. Larutan dipanaskan sampai suhu 100 °C dan didinginkan hingga suhu kamar, lalu ditambahkan BF₃ 20% dalam methanol, kemudian dipanaskan kembali pada suhu 100 °C. Selanjutnya larutan didinginkan dan dikocok sampai suhu larutan sekitar 30 °C dan ditambahkan NaCl jenuh dan heksana, kemudian dihomogenkan (vortex) selama 2 menit. Setelah terbentuk dua lapisan, lapisan fase organik dipindahkan ke *tube* 2 ml yang berisi Na₂SO₄ anhidrat dan didiamkan selama 15 menit. Larutan dimasukkan ke dalam *vial* 2 ml. Kandungan asam lemak dideteksi menggunakan alat GC-FID Perkin Elmer. Suhu inlet diatur pada suhu 225 °C. Sampel sebanyak 0,1 µl diinjeksikan ke dalam alat GC-FID yang dioperasikan menggunakan kolom Supelco SP2560 dengan spesifikasi panjang kolom 100 m, diameter 0,25 mm dan ketebalannya 0,2 µm. Gas pembawa yang digunakan berupa N₂ dengan kecepatan aliran 18 cm/detik. Oven diatur pada suhu 240 °C dengan tingkat kenaikan suhu 2,5 °C/menit. Hasil deteksi menggunakan FID dapat menunjukkan tipe asam lemak yang terkandung dalam minyak ikan, meliputi asam lemak jenuh, asam lemak tak jenuh, MUFA (*Mono Unsaturated Fatty Acid*), PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*), dan total asam lemak dalam sampel. Kromatogram hasil deteksi dapat digunakan untuk mengukur kadar masing-masing asam lemak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap rendemen mikrokapsul minyak ikan. Rendemen mikrokapsul minyak ikan pada penelitian ini berkisar antara 17,75-25,08% (Gambar 1), hasil ini mendekati rendemen mikrokapsul minyak ikan yang disalut gum akasia dan sodium alginat dengan penambahan tween-80 sebagai emulsifier yang dikeringkan dengan metode *spray drying* hasil

penelitian Pang *et al.* (2017) yakni sebesar 20,93% dan mikrokapsul minyak ikan pora-pora yang disalut maltodekstrin dan gum arab hasil penelitian Hasibuan *et al.* (2017) yang berkisar antara 24,7-33,52%. Rendemen hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Yana *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan penyalut berupa maltodekstrin dan dekstrin tidak berpengaruh signifikan terhadap rendemen, namun perbedaan konsentrasi bahan penyalut yang digunakan berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi bahan penyalut yang digunakan mengakibatkan semakin besar pula rendemen mikrokapsul yang dihasilkan, karena total padatan akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi bahan penyalut yang ditambahkan. Meningkatnya total padatan menyebabkan kenaikan berat produk dan rendemennya (Kamsiati, 2006; Hustiany, 2006). Rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini tidak berbeda antara perlakuan satu dengan perlakuan lainnya karena konsentrasi bahan penyalut yang digunakan sama.



Gambar 1. Rendemen mikrokapsul minyak ikan dengan proporsi bahan penyalut berbeda

Selain itu, jenis bahan penyalut tidak mempengaruhi rendemen diduga karena emulsi yang terbentuk dari semua kombinasi perlakuan bersifat stabil karena terdapat penambahan gum arab. Menurut Gaonkar (1995), gum arab memiliki gugus glikoprotein (GP) dan arabinogalactan protein (AGP) yang berperan sebagai pengental dan pengemulsi. Idrus *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa kestabilan dari emulsi sebelum proses pengeringan mempengaruhi hasil akhir mikrokapsulnya, hal ini karena apabila emulsi yang terbentuk stabil maka droplet minyak yang terbentuk akan terlapsi dengan baik dalam emulsi baik sebelum maupun ketika pengeringan berlangsung sehingga droplet

minyak dalam mikro kapsul terjamin keberadaannya, sehingga efisiensi proses enkapsulasi menjadi tinggi dan rendemen yang dihasilkan semakin banyak. Tahap homogenisasi merupakan tahap yang sangat penting untuk memperoleh serbuk mikro kapsul berkualitas baik (Hasibuan *et al.*, 2017).

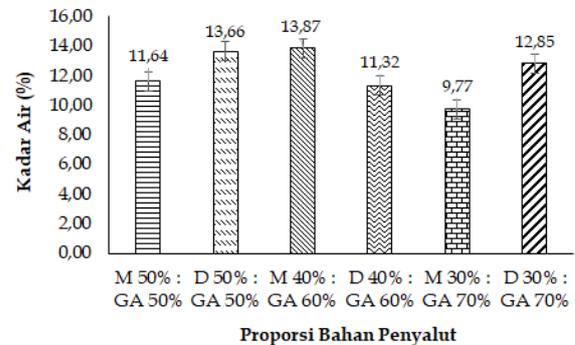
Gum arab juga berperan cukup besar dalam pembentukan lapisan (*film*) yang menstabilkan emulsi serta melindungi droplet-droplet minyak selama pengeringan sehingga menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang tinggi. Efisiensi enkapsulasi yang tinggi akan menghasilkan rendemen yang tinggi pula (Marshall, 1996; Badee *et al.*, 2012).

Kadar Air

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$) terhadap kadar air mikro kapsul minyak ikan. Kadar air mikro kapsul minyak ikan pada penelitian ini berkisar antara 9,77-13,87% (bb) (Gambar 2). Jumlah total bahan penyalut dan emulsifier yang ditambahkan dalam emulsi sama beratnya, hal ini mengakibatkan kadar air mikro kapsul yang dihasilkan cenderung sama karena kadar air lebih dipengaruhi oleh jumlah penyalut yang ditambahkan bukan jenisnya. Menurut Masters (1979), bahan pengisi dapat mempercepat proses pengeringan, meningkatkan total padatan dan menurunkan kadar air bahan pangan. Selain itu, maltodekstrin dan dekstrin memiliki karakter yang cenderung sama dalam menyalut bahan yakni membentuk lapisan tipis dan penguapan air dari emulsinya mudah, sejalan dengan pernyataan Takashige *et al.*, (2019) bahwa jenis bahan penyalut tidak mempengaruhi kadar air. Semakin banyak jumlah hidrokoloid dan partikel padatan dalam emulsi akan menurunkan kadar air dan mempercepat mikro kapsul mencapai berat konstan (Nugroho, 2006; Ramadhia *et al.*, 2012).

Kadar air mikro kapsul yang dihasilkan mendekati kadar air mikro kapsul minyak sawit mentah dengan penyalut maltodekstrin dan natrium kaseinat pada penelitian Saputra (2014) yang berkisar antara 3-9% dan kadar air mikro kapsul minyak ikan pora-pora dengan penyalut maltodekstrin dan gum arab hasil penelitian Hasibuan *et al.* (2017) yang berkisar antara 4,8-7,3%. Menurut Yuliani *et al.*, (2007) pada produk berupa mikro kapsul hasil *spray drying*, kadar air yang baik berkisar antara 2-6%. Semakin rendah kadar air mikro kapsul,

maka akan lebih awet karena pertumbuhan mikroba terhambat, meminimalisir reaksi kimia yang dapat merusak dan tidak diinginkan misalnya hidrolisis dan oksidasi lemak (Syafi'i *et al.*, 2016; Hasibuan *et al.*, 2017).



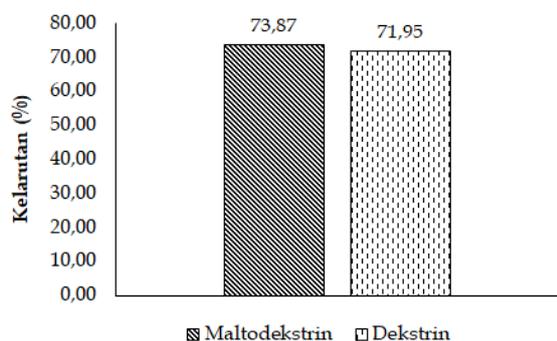
Gambar 2. Kadar air mikro kapsul minyak ikan dengan proporsi bahan penyalut berbeda

Faktor perlakuan pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap kadar air mikro kapsul yang dihasilkan, sehingga tidak sesuai dengan pernyataan Hui (1993) yang menyatakan bahwa semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan mengakibatkan semakin tinggi pula kadar air mikro kapsulnya karena maltodekstrin terdiri atas granula-granula bersifat hidrofilik. Gugus hidroksil pada maltodekstrin akan mengikat air dan meningkatkan kekentalan emulsi. Pada mikro kapsul yang disalut dengan dekstrin, proses pengeringan akan berlangsung cepat, karena ketika senyawa dekstrin bereaksi dengan air maka gugus-gugus hidroksilnya (unit D-glukosa) akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air tersebut. Hal ini mengakibatkan bila air diuapkan akan terjadi kristalisasi karena gugus hidroksil membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil lainnya.

Kelarutan

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa konsentrasi gum arab berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kelarutan mikro kapsul minyak ikan. Kelarutan mikro kapsul minyak ikan pada penelitian ini berkisar antara 71,95-73,87% (Gambar 3), sesuai dengan hasil penelitian Fasikhatun (2010) yang menyatakan bahwa kelarutan mikro kapsul minyak sawit merah dengan bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab berkisar antara 60,31-78,87% dan kelarutan mikro kapsul minyak sawit mentah dengan bahan penyalut maltodekstrin dan natrium kaseinat hasil penelitian Saputra (2014) yakni 70%.

Maltodekstrin dan dekstrin memiliki sifat yang mudah larut dalam air, sehingga akan meningkatkan kelarutan mikrokapsulnya (Koswara, 2009; Syafi'i *et al.*, 2016; Setyaningsih *et al.*, 2009). Dekstrin memiliki sifat pembasahan dan pendispersi yang baik karena terdapat bagian molekul yang hidrofilik, sehingga ketika mikrokapsul yang dibuat dengan bahan penyalut dekstrin dilarutkan dalam air gugus hidrofilik tersebut dapat mengikat atau memerangkap air lebih banyak dan daya larutnya semakin meningkat (Rosida *et al.*, 2013).



Gambar 3. Kelarutan mikrokapsul minyak ikan dengan bahan penyalut berbeda

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Fasikhatun (2010) yang menunjukkan bahwa penambahan minyak akan menurunkan kelarutan mikrokapsul, dimana rasio penyalut pada formula dengan penambahan minyak 100% tidak berbeda nyata terhadap kelarutan. Tingkat kelarutan mikrokapsul tidak dipengaruhi oleh jenis bahan penyalut yang digunakan, melainkan dipengaruhi oleh jumlah bahan penyalut yang digunakan. Semakin banyak bahan penyalut yang digunakan maka minyak ikan selaku bahan inti akan tersalut atau terlapsi secara sempurna, sehingga proses mikroenkapsulasi berlangsung efektif dan tidak terbentuk lapisan minyak di permukaan mikrokapsul mengakibatkan kelarutan mikrokapsul meningkat (Botrel *et al.*, 2014).

Semakin besar nilai kelarutan maka akan semakin baik, mengingat bahwa tujuan enkapsulasi adalah untuk meningkatkan stabilitas bahan yang dienkapsulasi serta memperluas aplikasinya (Desai dan Park, 2005). Tingkat kelarutan mikrokapsul tertinggi dimiliki oleh formula 1 dengan konsentrasi emulsifier 50% yakni sebesar 77,25% (Tabel 2), namun tidak berbeda nyata dengan kelarutan mikrokapsul minyak ikan yang dihasilkan dari formula 3 dengan konsentrasi emulsifier 70%

yakni 74,75%. Hasil ini mendekati kelarutan mikrokapsul pada penelitian Fasikhatun (2010) yang menunjukkan bahwa minyak sawit merah yang disalut maltodekstrin dan gum arab pada perbandingan 1:3 memiliki kelarutan sebesar 78,87%, sedangkan pada perbandingan 3:3 sebesar 76,47% namun pada penelitian ini semakin banyak jumlah emulsifier (gum arab) yang digunakan maka semakin tinggi pula kelarutannya. Hal tersebut disebabkan gum arab yang ditambahkan dalam konsentrasi tinggi (>12%) akan menghasilkan emulsi yang stabil dengan ukuran droplet kecil dan seragam karena terdapat protein yang membentuk kompleks dengan arabinogalactan dalam gum arab. Protein ini apabila konsentrasinya rendah tidak mampu menyelaputi droplet-droplet minyak secara sempurna, sehingga menyebabkan terjadinya flokulasi dan pengelompokan. Selain itu, penambahan gum arab dalam jumlah sedikit akan membentuk droplet-droplet minyak ikan yang tidak seragam serta mengakibatkan terjadinya flokulasi yang mengganggu kelarutan mikrokapsul (Williams *et al.*, 1990).

Tabel 2. Kelarutan mikrokapsul minyak ikan dengan konsentrasi emulsifier berbeda

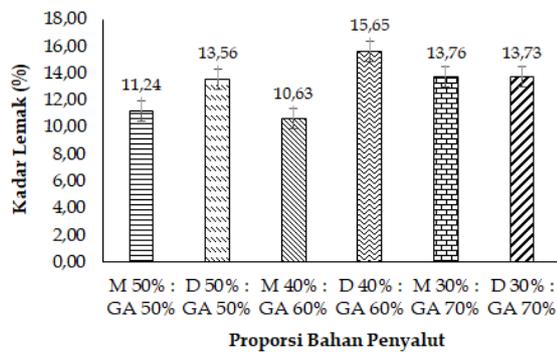
Konsentrasi Gum Arab (%)	Kelarutan (%)
50	77,25 ^b
60	66,73 ^a
70	74,75 ^b

Hasil uji tingkat kelarutan diduga juga dipengaruhi oleh kadar minyak yang tidak terkapsulkan. Botrel *et al.*, (2014) menyatakan bahwa apabila pada bagian permukaan dinding mikrokapsul terdapat minyak yang semakin banyak, maka penyebaran air ke permukaan mikrokapsul akan terhambat. Minyak pada permukaan mikrokapsul juga menyebabkan kondisi lingkungannya menjadi lebih hidrofobik, sehingga mengakibatkan mikrokapsul menjadi lebih sulit larut dan akhirnya banyak residu padatan yang tertinggal di kertas saring.

Kadar Lemak

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap kadar lemak mikrokapsul minyak ikan. Kadar lemak mikrokapsul minyak ikan pada penelitian ini berkisar antara 10,63-15,65% (Gambar 4), hasil ini mendekati kadar lemak hasil *blending*

minyak ikan dan sawit merah terenkapsulasi hasil penelitian Dewita *et al.* (2016) yang berkisar antara 13,60-17,11% dan kadar lemak mikro kapsul minyak ikan hasil samping penepungan ikan lemuru dengan penyalut lesitin, gum arab dan gelatin hasil penelitian Yogaswara (2008) yakni 17,76%.



Gambar 4. Kadar lemak mikro kapsul minyak ikan dengan proporsi bahan penyalut berbeda

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut berupa maltodekstrin dan dekstrin tidak berpengaruh terhadap kadar lemak mikro kapsul minyak ikan. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh penggunaan gum arab sebagai bahan penyalut, menurut Marshall (1996), gum arab diduga cukup besar perannya dalam pembentukan lapisan (*film*) yang menstabilkan emulsi karena dalam gum arab terdapat gugus arabinogalactan protein dan glikoprotein yang berfungsi sebagai pengemulsi, kandungan protein dalam gum arab bila digabungkan dengan polisakarida akan menyebabkan unit-unit reologi menghasilkan sel yang terbentuk dari benang-benang protein yang diisi oleh granula pati, sehingga membentuk kompleks protein-pati yang padat dan selama proses pengeringan berlangsung droplet minyak dapat terlindungi (Khamidah *et al.*, 2019). Gum arab dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan meningkatkan stabilitas emulsi, karena dalam gum arab terkandung rantai polipeptida hidrofobik dan hidrofilik yang berfungsi untuk menstabilkan sistem emulsi. Kandungan karbohidratnya mampu menghambat flokulasi melalui perpaduan tolakan elektrostatis dan sterik (El - Kheir *et al.*, 2008).

Dekstrin memiliki kemampuan menghasilkan viskositas rendah dan menghasilkan film yang berkekuatan tinggi. Emulsi dengan viskositas rendah sangat dibutuhkan pada proses mikroenkapsulasi karena menyebabkan proses mikroenkapsulasi berjalan efektif, sehingga semakin banyak

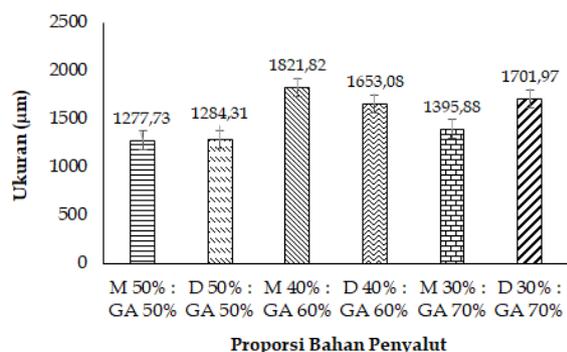
minyak yang tersalut dalam mikro kapsul. Viskositas emulsi yang tinggi tidak dikehendaki karena dapat menyebabkan penyumbatan sehingga proses penyemprotan terhambat. Selain itu, emulsi dengan viskositas tinggi akan sulit untuk diinjeksikan ke dalam alat *spray dryer* dan dapat menghambat proses pengeringan pada tabung inlet, sehingga menghasilkan mikro kapsul berkadar air tinggi dan menempel pada tabung pengering (*clogging*) (Yuslinawati, 2014).

Ukuran Mikro kapsul Minyak Ikan

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap ukuran mikro kapsul minyak ikan. Ukuran mikro kapsul hasil penelitian ini berkisar antara 1277,73-1821,82 μm (Gambar 5). Ukuran mikro kapsul minyak ikan pada penelitian ini menunjukkan nilai yang seragam. Hal ini disebabkan jenis bahan penyalut dan konsentrasi emulsifier tidak mempengaruhi ukuran dari mikro kapsul yang dihasilkan karena alat *spray dryer* menghasilkan distribusi ukuran partikel yang konsisten dan kisaran ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lain, sehingga ukuran partikelnya seragam (Asyhari, 2013; Kasih, 2014). Selain itu, penambahan jumlah atau konsentrasi bahan penyalut yang sama akan menghasilkan ukuran mikro kapsul yang cenderung seragam, karena ukuran atau diameter mikro kapsul berbanding lurus dengan jumlah bahan penyalut yang ditambahkan. Semakin banyak bahan penyalut yang ditambahkan maka semakin besar pula ukuran mikro kapsul yang dihasilkan (Asyhari, 2013).

Semua perlakuan menghasilkan mikro kapsul dengan ukuran yang telah sesuai serta termasuk dalam kisaran ukuran mikro kapsul yakni antara 1-5000 μm (Nugraheni *et al.*, 2015; Istiyani, 2008). Ukuran mikro kapsul yang hasil penelitian ini lebih besar dibandingkan ukuran mikro kapsul minyak ikan dengan penambahan tepung porang sebagai pengemulsi yang berkisar antara 2-10 μm , mikro kapsul minyak sawit mentah dengan penyalut maltodekstrin dan isolat protein kedelai yang berkisar antara 1-12 μm juga mikro kapsul ekstrak kulit buah manggis yang berkisar antara 13,12-26,33 μm (Anwar *et al.*, 2017; Hasrini *et al.*, 2017; Kasih, 2014). Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh ukuran nozzle yang digunakan, ukuran nozzle dan padatan emulsi yang besar akan

menghasilkan mikrokapsul yang besar dengan lemak bebas yang rendah (Onwulata, 2005). Ukuran *nozzle* dari alat *spray dryer* yang digunakan pada penelitian ini berkisar antara 10-60 μm .



Gambar 5. Ukuran mikrokapsul minyak ikan dengan proporsi bahan penyalut berbeda

Warna

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa proporsi bahan penyalut tidak berpengaruh ($p>0,05$) terhadap warna mikrokapsul minyak ikan. Warna mikrokapsul pada penelitian ini terdiri dari nilai L (*Lightness*) antara 53,3-59,8, a (*red*) antara 1,6-7,3 dan b (*yellow*) antara 17,1-21,8 (Tabel 3). Semakin tinggi nilai L menunjukkan bahwa mikrokapsul memiliki warna yang semakin cerah, hal ini dikehendaki karena menurut Pang *et al.* (2017) semakin tinggi nilai L menyebabkan produk dapat memperoleh nilai komoditas yang baik. Secara fisik, mikrokapsul minyak ikan dari kepala ikan kakap merah berwarna putih kekuningan dan hasil pengukuran menunjukkan nilai yang juga cenderung kemerahan.

Proporsi bahan penyalut yang berbeda tidak mempengaruhi warna mikrokapsul yang dihasilkan karena warna mikrokapsul cenderung dipengaruhi oleh bahan inti, bukan bahan penyalutnya. Sebagaimana dinyatakan oleh Francis (2003), warna kemerahan mikrokapsul dipengaruhi oleh kandungan hemoglobin pada produk, sedangkan warna kuning dipengaruhi kandungan lemak pada produknya. Masters (1979) menambahkan bahwa, rendahnya kadar air produk yang dikeringkan dapat meningkatkan retensi warna. Berdasarkan pernyataan tersebut, kadar lemak dan kadar air mikrokapsul yang cenderung sama mengakibatkan mikrokapsul memiliki warna yang seragam pula. Warna yang seragam ini juga dikarenakan mikroenkapsulasi dapat mencegah perubahan

warna dan bau serta dapat menjaga stabilitas zat inti yang dipertahankan dalam jangka waktu yang lama (Reineccius, 2004).

Warna mikrokapsul hasil penelitian ini menyerupai warna mikrokapsul minyak sawit mentah yang disalut dengan maltodekstrin dan gum arab hasil penelitian Fasikhatus (2010) yang berkisar antara 53,80-57,51 dengan nilai a berkisar antara (-0,11)-2,80 dan b berkisar antara 29,44-33,67 dan mikrokapsul minyak ikan hasil *spray drying* pada penelitian Pang *et al.*, (2017) dengan nilai L, a dan b masing-masing sebesar 66,06, 12,24 dan 20,30.

Tabel 3. Warna mikrokapsul minyak ikan dengan konsentrasi emulsifier berbeda

Bahan Penyalut	Warna		
	L	a	b
MD 50% : GA 50%	59,5 ^a	3,3 ^a	21,2 ^a
D 50% : GA 50%	56,4 ^a	4,3 ^a	19,4 ^a
MD 40% : GA 60%	53,3 ^a	1,6 ^a	17,3 ^a
D 40% : GA 60%	56,2 ^a	7,3 ^a	21,2 ^a
MD 30% : GA 70%	59,8 ^a	3,6 ^a	21,8 ^a
D 30% : GA 70%	57,1 ^a	2,4 ^a	17,1 ^a

Asam Lemak Penyusun

Hasil pengujian asam lemak menunjukkan bahwa proses mikroenkapsulasi mampu mempertahankan kandungan asam lemak tidak jenuh dalam minyak ikan dari kepala ikan kakap merah (Tabel 4). Kandungan asam lemak mikrokapsul minyak ikan tidak jauh berbeda dibandingkan kandungan asam lemak dari minyak ikannya. Terdapat 27 jenis asam lemak yang terkandung dalam mikrokapsul minyak ikan dari kepala kakap merah (Tabel 4) dengan asam lemak dominan terdiri dari asam palmitat (C 16:0), asam stearat (C 18:0) dan asam oleat (C 18:1) dengan jumlah masing-masing sebesar 31,93%, 12,88% dan 12,08%. Mikrokapsul juga mengandung asam lemak esensial bagi tubuh seperti asam arakidonat (AA), asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) serta omega 3, omega 6 dan omega 9 sejumlah 14,17%, 4,35% dan 12,53%. Namun beberapa asam lemak seperti asam butirrat, asam kaproat, asam kaprilat dan asam kaprat tidak terdeteksi dalam mikrokapsul, kemungkinan besar diakibatkan kandungan asam lemak tersebut rusak selama proses mikroenkapsulasi berlangsung. Sebagaimana dinyatakan oleh Ketaren (1986) bahwa asam butirrat dan asam kaproat tergolong sebagai asam lemak tak

jenuh berantai pendek yang mudah menguap dan mengalami hidrolisis. Kandungan asam lemak dalam mikro kapsul yang menyerupai kandungan asam lemak dalam minyak ikannya diduga dikarenakan proses mikroenkapsulasi mampu meningkatkan stabilitas dan menjaga produk dari kerusakan. Mikroenkapsulasi dapat melindungi kestabilan asam lemak, melindungi bahan dari lingkungannya, juga telah dilaporkan

mampu memperlambat atau menghindarkan minyak dari oksidasi. Proses mikroenkapsulasi menggunakan alat *spray dryer* sebelumnya telah dilakukan untuk menghasilkan mikro kapsul minyak kaya asam lemak omega 3 dari hasil penepungan lemuru dan konsentrat asam lemak tak jenuh dari minyak ikan patin (Hasani *et al.*, 2015; Quispe-condori *et al.*, 2011; Yuliasari *et al.*, 2016; Estiasih *et al.*, 2008; Khamidah *et al.*, 2019).

Tabel 4. Profil asam lemak mikro kapsul minyak ikan dari kepala ikan kakap merah

Nama asam lemak	Struktur	Jumlah (%)	
		Minyak Ikan	Mikro kapsul Minyak Ikan
Asam butirat	C 4:0	0,12	-
Asam kaproat	C 6:0	0,10	-
Asam kaprilat	C 8:0	0,45	-
Asam kaprat	C 10:0	0,37	-
Asam laurat	C 12:0	2,16	0,32
Asam tridekanoat	C 13:0	0,12	0,12
Asam miristat	C 14:0	7,52	7,40
Asam pentadekanoat	C 15:0	1,27	1,27
Asam palmitat	C 16:0	29,85	31,93
Asam heptadekanoat	C 17:0	2,10	2,18
Asam stearat	C 18:0	13,55	12,88
Asam archidat	C 20:0	0,92	0,80
Asam heneikosanoat	C 21:0	0,31	0,29
Asam behenat	C 22:0	0,91	0,84
Asam trikosanoat	C 23:0	0,46	0,27
Asam lignoserat	C 24:0	0,55	0,62
Total SFA		60,76	58,92
Asam miristoleat	C 14:1	0,35	0,30
Asam pentadekenoat	C 15:1	0,19	0,18
Asam palmitoleat	C 16:1	7,19	6,97
Asam heptadekenoat	C 17:1	0,66	0,60
Asam oleat (ω 9)	C 18:1	10,40	12,08
Asam eikosenoat	C 20:1	0,80	0,70
Asam erukat (ω 9)	C 22:1	-	0,46
Asam nervonat	C 24:1	0,98	0,84
Total MUFA		20,57	22,13
Asam linoleat (ω 6)	C 18:2	0,68	1,05
Asam linolenat (ω 3)	C 18:3	0,12	0,23
Asam eikosadienoat	C 20:2	0,46	0,44
Asam eikosatrienoat (ω 6, ω 3)	C 20:3	0,37	0,37
Asam arakidonat (AA) (ω 6)	C 20:4	3,14	3,09
Asam eikosapentaenoat (ω 3)	C 20:5	3,04	2,81
Asam dokosadienoat	C 22:2	0,12	-
Asam dokosaheksaenoat (ω 3)	C 22:6	10,74	10,95
Total PUFA		18,67	18,95
Total Asam Lemak Omega 3		14,02	14,17
Total Asam Lemak Omega 6		4,06	4,35
Total Asam Lemak Omega 9		10,40	12,53

Keterangan:

SFA : *Saturated Fatty Acid* (asam lemak jenuh)

MUFA : *Monounsaturated Fatty Acid* (asam lemak tak jenuh tunggal)

PUFA : *Polyunsaturated Fatty Acid* (asam lemak tak jenuh ganda)

Bahan penyalut yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari maltodekstrin, dekstrin dan gum arab. Kombinasi bahan penyalut ini menghasilkan mikrokapsul minyak ikan yang mampu mempertahankan kandungannya. Hal ini dikarenakan maltodekstrin merupakan material penyalut yang dapat melindungi zat aktif terenkapsulasi terhadap reaksi oksidasi dan mengurangi masalah aglomerasi selama masa penyimpanan sehingga meningkatkan stabilitas produk, sedangkan gum arab merupakan kompleks heteropolisakarida yang umum digunakan sebagai material pembungkus pada proses mikroenkapsulasi menggunakan *spray dryer* (Gabas *et al.*, 2007; Bemiller *et al.*, 1996).

Kandungan asam lemak omega 3 yang tidak berbeda nyata antara mikrokapsul minyak ikan kakap merah dan minyak ikan kakap merah menunjukkan bahwa proses mikroenkapsulasi terbukti mampu melindungi asam lemak dari kerusakan. Hasil pengujian asam lemak menunjukkan bahwa kandungan omega 3 setelah proses mikroenkapsulasi cenderung tetap. Hasil ini tidak sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hasibuan *et al.* (2017) mengenai proses mikroenkapsulasi minyak ikan pora-pora dengan penyalut maltodekstrin dan gum arab yang menunjukkan bahwa komposisi asam lemak setelah proses mikroenkapsulasi mengalami perubahan, secara keseluruhan asam lemak tak jenuh tunggal mengalami peningkatan dari 41,71% menjadi 73,68%, sedangkan asam lemak tak jenuh ganda menurun dari 23,67% menjadi 7,42%. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh perbedaan kondisi pada proses mikroenkapsulasi. Namun hasil penelitian ini telah sejalan dengan pernyataan Howe *et al.* (2002) bahwa dalam wujud mikrokapsul asam lemak omega 3 berada dalam bentuk terlindungi dan dapat meminimalisir pengaruh oksidasi terhadap kualitas sensoris produknya. Selain itu, mikroenkapsulasi juga dapat menutupi bau amis pada produk akhirnya, sehingga kesempatan produk untuk diaplikasikan pada berbagai produk lainnya meningkat (Garg *et al.*, 2006).

Selama ini mikrokapsul asam lemak omega 3 masih diimpor dan belum diproduksi dalam skala industri di Indonesia (Estiasih *et al.*, 2008). Hasil pengujian kandungan asam lemak menunjukkan bahwa proses mikroenkapsulasi pada minyak ikan yang diekstrak dari limbah kepala ikan kakap merah berpotensi untuk

dijadikan salah satu alternatif untuk memenuhi permintaan pasar akan mikrokapsul asam lemak omega 3 yang terus meningkat seiring meningkatnya kesadaran publik akan pentingnya mengkonsumsi asam lemak tersebut (Baik *et al.*, 2004).

SIMPULAN

Proporsi bahan penyalut yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, kadar lemak, ukuran dan warna, namun berpengaruh nyata terhadap kelarutan mikrokapsul minyak ikan. Proses mikroenkapsulasi juga mampu mempertahankan kandungan asam lemak omega yang terdapat dalam minyak, dibuktikan dengan hasil pengujian asam lemak yang menunjukkan bahwa dalam mikrokapsul minyak ikan dari kepala ikan kakap merah pada perlakuan 4 dengan perbandingan bahan penyalut dekstrin dan gum arab 2:3 ini mengandung omega 3, omega 6 dan omega 9 sebesar 14,17%, 4,35% dan 12,53%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S, -H., Br. Ginting, B, -M., Aisyah, -Y., Safriani, -N., 2017. Pemanfaatan tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai penstabil emulsi M/A dan bahan penyalut pada mikrokapsul minyak ikan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 27, 76–88. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.1.76>
- Badee, A, Z, -M., Kader, E, A, -E., Aly, -M., 2012. Microencapsulation of peppermint oil by spray drying. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6, 499–504. <http://www.ajbasweb.com/old/ajbas/2012/Nov%202012/499-504.pdf>
- Baik, M, -Y., Suhendro, E, -L., Nawar, W, -W., McClements, D, -J., Decker, E, -A., Chinachoti, -P., 2004. Effects of antioxidants and humidity on the oxidative stability of microencapsulated fish oil. *Journal of the American Oil Chemist Society*. 81, 355–360. <https://doi.org/10.1007/s11746-004-0906-7>
- Botrel, D, -A., de Barros Fernandes, R, -V., Borges, S, -V., Yoshida, M, -I., 2014. Influence of wall matrix systems on the

- properties of spray-dried microparticles containing fish oil. *Food Research International*. 62, 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.003>
- Cano-Higueta, D, -M., Malacrida, C, -R., Telis, V, R, -N., 2015. Stability of curcumin microencapsulated by spray and freeze drying in binary and ternary matrices of maltodextrin, gum arabic and modified starch. *Journal Food Processing and Preservation*. 39, 2049-2060. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12448>
- Desai, K, G, -H., Park, H, -J., 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*. 23, 1361-1394. <https://doi.org/10.1081/DRT-200063478>
- Dewita, Syahrul., Desmelati., Lukman, -S., 2016. Inovasi bubur instan dan cookies berbasis konsentrat protein ikan patin yang difortifikasi minyak sawit merah dan minyak ikan patin terenkapsulasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 18, 315-320. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v18i3.11215>
- Estiasih, -T., Ahmadi, -K., Nisa, C, -F., 2008. Karakteristik mikrokapsul minyak kaya asam lemak omega-3 dari hasil samping penepungan lemuru. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 19, 121-130. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/343>
- Gabas, A, -L., Telis, V, R, -N., Sobral, P, J, A., Telis-Romero, -J., 2007. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*. 82, 246-252. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.029>
- Garg, M, -L., Wood, L, -G., Singh, -H., Moughan, P, -J., 2006. Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets. *Journal of Food Science*. 71, R66-R71. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00033.x>
- Hasani, -M., Rad, A, H, -E., Hosseini, M, -M., Noghabi, M, -S., 2015. Physicochemical characteristic of microencapsulated fish oil by freeze-drying using different combinations of wall materials. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 12, 45-51. <https://doi.org/10.13005/bbra/2171>
- Hasibuan, N, -E., Thamrin, Muis, -Y., 2017. Mikroenkapsulasi minyak ikan pora-pora (*mystacoleucus padangensis*) menggunakan metode *spray drying* untuk aplikasi nutrisi makanan. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 14(2), 108-114. <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM/article/view/466>
- Hasrini, R, -F., Zakaria, F, -R., Adawiyah, D, -R., Suparto, I, -H., 2017. Mikroenkapsulasi minyak sawit mentah dengan penyalut maltodekstrin dan isolat protein kedelai. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 28, 10-19. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.10>
- Howe, P, R, -C., Downing, J, -A., Grenyer, B, F, -S., Grigonis-Deane, E, -M., Bryden, W, -L., 2002., Tuna fishmeal as a source of DHA for n-3 PUFA enrichment of pork, chicken, and eggs. *Lipids*. 37, 1067-1076. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-1002-3>
- Idrus, -S., 2013. Mikroenkapsulasi minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3 menggunakan gum arab sebagai bahan pelapis. *Majalah Biam*. 9, 23-29. <http://dx.doi.org/10.29360/mb.v9i1.1997>
- Idrus, -S., Affifudin, S, -Z., Ratumalussy, D, -J., 2013. Identifikasi dan mikroenkapsulasi minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3. *Jurnal Riset Industri*. 7(1), 53-62. <http://ejournal1.kemenperin.go.id/jri/article/view/3238>
- Kamsiati, -E., 2006. Processing tomato powder (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by "foam-Mat drying". *Jurnal Teknologi Pertanian*. 7, 113-119. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/221>
- Khamidah, S, -Z., Hastarini, -E., Fardiaz, -D., Budijanto, -S., 2019. Mikroenkapsulasi konsentrat asam lemak tak jenuh dari minyak ikan patin. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 30, 143-151. <https://doi.org/10.6066/jtip.2019.30.2.143>
- La Ifa., Artiningsih, -A., Julniar, -J., Suhaldin., 2018. Pembuatan kitosan dari sisik ikan kakap merah. *Journal of Chemical Process Engineering*. 3(1), 47-50. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.195>
- Nimal Ratnayake, W, -M., Hansen, S, -L., Kennedy, M, -P., 2006. Evaluation of the CP-Sil 88 and SP-2560 GC columns used in the recently approved AOCS official method Ce 1h-05: Determination of cis-, trans-, saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in vegetable or non-ruminant animal oils and fats by capillary GLC method. *Journal of the*

- American Oil Chemists' Society*. 83, 475-488.
<https://doi.org/10.1007/s11746-006-1230-y>
- Nugraheni, -A., Yunarto, -N., Sulistyaningrum, -N., 2015. Optimasi formula mikroenkapsulasi ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb.*) dengan penyalut berbasis air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. 5, 98-105.
<https://doi.org/10.22435/jki.v5i2.4404.98-105>
- Nugroho, E, -S., 2006. Pengaruh konsentrasi gum arab dan dekstrin terhadap sifat fisik dan tingkat kesukaan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb*) madu instan. *Jurnal Logika Values Innovation Perfection*. 3(2).
<https://doi.org/10.20885/logika.vol3.iss2.art7>
- Pang, Y., Duan, X., Ren, G., Liu, W., 2017. Comparative study on different drying methods of fish oil microcapsules. *Journal of Food Quality*. 2017, 1-7.
<https://doi.org/10.1155/2017/1612708>
- Putri, D, -N., Wibowo, Y, M, -N., Santoso, E, -N., Romadhani, -P., 2020. Sifat fisikokimia dan profil asam lemak minyak ikan dari kepala kakap merah (*Lutjanus malabaricus*). *Agritech*. 40, 31.
<https://doi.org/10.22146/agritech.47039>
- Quispe-Condori, -S., Saldaña, M, D, -A., Temelli, -F., 2011. Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying. *LWT-Food Science and Technology*. 44, 1880-1887.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.005>
- Ramadhia, M., Kumalaningsih, S., Santoso, I., 2012. The making of aloe vera powder (*Aloe vera* L.) with foam-mat drying method. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13, 125-137.
<https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/367>
- Reineccius, G, -A., 2004. The spray drying of food flavors. *Drying Technology*. 22, 1289-1324.
<https://doi.org/10.1081/DRT-120038731>
- Rosida, Sarofa, -U., Widiyanto, -S., 2013. Kualitas fisik santan bubuk dengan penambahan emulsifier lesitin dan pengisi dekstrin. *Jurnal Rekapangan*. 7(2), 230-241.
http://repository.upnjatim.ac.id/1385/1/3.4_KUALITAS_FISIK_SANTAN_BUBUK.pdf
- Sanguansri, L, Augustin, MA. 2006. 'Microencapsulation and Delivery of Omega-3 Fatty Acids'. Dalam John Shi (ed). *Functional Food Ingredients and Nutraceuticals - Processing Technologies*. Taylor and Francis, USA
- Saputra, S, -H., 2014. Mikroenkapsulasi β -karoten dari minyak sawit mentah untuk suplemen pro vitamin A. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 8, 11-17.
<https://doi.org/10.26578/jrti.v8i15.1548>
- Setyaningsih, -D., Rahmalia, -R., Sugiyono., 2009. The study on microencapsulation of vanilla extract. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 19, 64-70.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/1066>
- Syafi'i, -F., Wijaya, C, -H., Nurtama, -B., 2016. Optimasi proses pembuatan bubuk oleoresin lada (*Piper nigrum*) melalui proses emulsifikasi dan mikroenkapsulasi. *Agritech*. 36, 128.
<https://doi.org/10.22146/agritech.12856>
- Takashige, -S., Iwamoto, -S., Shiga, -H., Kakizaki, -Y., Yamaya, -Y., Ushirosako, -A., Maruyama, -K., Adachi, -S., Yoshii, -H., 2019. Stability of fish oil encapsulated in spray-dried powders coated with starch particles. *Food Science and Technology Research*. 25, 363-371.
<https://doi.org/10.3136/fstr.25.363>
- Yana, M, -F., Kusnadi, -J., 2015. Pembuatan yogurt berbasis kacang tunggak (*Vigna unguiculata*) dengan metode freeze drying (kajian jenis dan konsentrasi bahan pengisi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3, 1203-1213.
<https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/243>
- Yuliani, -S., Desmawarni, Harimurti, -N., Yuliani, S, -S., 2007. Pengaruh laju air umpan dan suhu inlet spray drying pada karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe. *Jurnal Pascapanen*. 4, 18-26.
<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jpasca/article/view/10034>
- Yuliasari, -S., Fardiaz, -D., Andarwulan, -N., Yuliani, -S., 2016. Karakteristik enkapsulat minyak sawit merah dengan pengayaan β -karoten. *Informatika Pertanian*. 25, 107.
<https://doi.org/10.21082/ip.v25n1.2016.p107-116>
- Yulinery, -T., Nurhidayat, N., 2016. Analisis viabilitas probiotik *lactobacillus* terenkapsulasi dalam penyalut dekstrin dan jus markisa (*Passiflora edulis*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 13, 109-121.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v13i1.1411>