

FORMULASI TABLET SUPLEMEN *Spirulina* YANG DIPERKAYA DENGAN VIRGIN FISH OIL MATA TUNA (*Thunnus sp.*)

Formulation of Spirulina Supplement Tablets Enriched with Virgin Fish Oil From Tuna (Thunnus sp.) Eyes

Siti Balqis Huriyah*, Iriani Setyaningsih, dan Wini Trilaksani

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga Bogor, Indonesia

*Korespondensi Penulis: sbhuriyah@gmail.com

Diterima: 11 Juni 2019; Direvisi: 8 November 2019; Disetujui: 17 Desember 2019

ABSTRAK

Suplemen makanan kesehatan di pasaran saat ini sebagian besar terdiri dari satu jenis bahan baku, sehingga berpotensi hanya memiliki satu manfaat. *Spirulina* diketahui memiliki kandungan protein tinggi tetapi kadar lemaknya rendah, oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pembuatan tablet *Spirulina* dengan tambahan sumber lain untuk mendapatkan nutrisi lengkap dan seimbang yang sangat diperlukan. Naskah ini melaporkan formulasi *Spirulina* yang diperkaya dengan mikroenkapsulat *virgin fish oil* (VFO) mata tuna; yang terdiri dari tiga tahap, yaitu kultivasi *Spirulina*; preparasi, ekstraksi, dan mikroenkapsulasi VFO mata tuna (*Thunnus sp.*); serta formulasi tablet. Ada tiga formula dalam hal rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna, yaitu P1 (250:180 mg); P2 (200:230 mg); P3 (150:280 mg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula P3 merupakan formulasi terbaik berdasarkan karakteristik fisik, aktivitas antioksidan (IC_{50} 133,27 ppm), dan kadar lemak 14,67%. Tablet P3 memiliki proporsi asam amino arginin tertinggi (3,30%) dan asam dokosaheksaenoat (18,03%), serta dapat memenuhi 18,6% dari angka kecukupan gizi asam lemak omega-3 untuk wanita hamil trimester pertama.

KATA KUNCI : asam lemak omega-3, mikroalga, *Spirulina*, *virgin fish oil*, ikan mata tuna

ABSTRACT

Health food supplements on the market today mostly consist of one type of raw material, so that potentially they only have one benefit. *Spirulina* is known to have a high protein content but a low fat content, therefore research on making *Spirulina* tablets with the addition of other sources to get complete and balanced nutrition is necessary. This paper reports the formulation of *Spirulina* enriched with tuna eye Virgin Fish Oil (VFO) microencapsulate; that consisted of three stages, namely *Spirulina* cultivation; preparation, extraction, and microencapsulation of tuna (*Thunnus sp.*) eye VFO; and tablet formulations. There were three formulas in regards to the ratio of *Spirulina* and tuna eye VFO microencapsulate, namely P1 (250: 180 mg); P2 (200: 230 mg); P3 (150: 280 mg). The results showed that the P3 formula was considered the best formulation based on physical characteristics, antioxidant activity (IC_{50} 133.27 ppm), and fat content of 14.67%. The P3 tablet had the highest proportion of arginine amino acids (3.30%) and docosahexaenoic acid (18.03%) and can provide 18.6% of the nutritional adequacy rate of omega-3 fatty acids for the first trimester pregnant women.

KEYWORDS: omega-3 fatty acids, microalgae, *Spirulina*, *virgin fish oil*, *Thunnus sp.*

PENDAHULUAN

Spirulina adalah salah satu mikroalga cyanobacterium, multiseluler, dan memiliki bentuk spiral dengan lebar dan panjang spiral berkisar antara 26-36 μm dan 43-57 μm (Agustini, Suzery, Sutrisnanto, Ma'ruf, & Hadiyanto, 2015). Roberto dan Saldivar (2015) menyatakan *Spirulina* mempunyai kandungan gizi makro yang terdiri dari protein 63%, karbohidrat 22%, lemak 2,2%, mineral 8%, dan serat 7%, selain itu juga mempunyai kandungan gizi mikro

yang terdiri dari vitamin, kalsium, fosfor, magnesium, potasium, dan zat besi. Beberapa penelitian menunjukkan *Spirulina* telah banyak dimanfaatkan dalam aplikasi produk, seperti makanan yang diekstrusi (Joshi, Bera, & Panesar, 2014), suplemen tablet hisap (Fahleny, Trilaksani, & Setyaningsih, 2014), dan suplemen kesehatan (Santos, Freitas, Moreira, Zanfonato, & Costa, 2016).

Produk hasil perairan yang juga mempunyai nilai tambah adalah minyak ikan yang dapat diperoleh dari

daging, hati, dan mata ikan. Mata ikan tuna merupakan limbah perikanan yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Minyak ikan dari mata tuna diketahui mengandung asam lemak omega-3 yang berupa EPA (*eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*docosahexaenoic acid*) yang sangat bermanfaat bagi kesehatan. Menurut Ousalou (2015) kandungan EPA dan DHA pada minyak ikan mata tuna yaitu 9,86% dan 17,41%. Penelitian lainnya yang dilakukan Renuka, Anandan, Suseela, Ravishankar dan Sivaraman (2016) menunjukkan kandungan EPA dan DHA pada minyak ikan mata tuna sirip kuning yaitu 7,07% dan 36,72%. Minyak yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh metode ekstraksi yang digunakan. Agarwal dan Bosco (2017) melaporkan bahwa metode ekstraksi dingin tanpa menggunakan suhu tinggi dan bahan kimia dapat dilakukan untuk memperoleh *virgin coconut oil* (VCO). *Virgin fish oil* (VFO) merupakan minyak ikan yang diperoleh dengan hanya menggunakan perlakuan mekanis saja tanpa mengubah sifat fisika kimia minyak (CAC, 2017). VFO sangat mudah teroksidasi, sehingga perlu dilakukan proses mikroenkapsulasi. Mikroenkapsulasi minyak ikan merupakan proses perubahan komponen dari bentuk minyak menjadi bentuk serbuk sehingga mempermudah pengaplikasiannya ke dalam makanan maupun suplemen.

Suplemen saat ini semakin banyak digunakan di kalangan masyarakat Indonesia untuk menjaga kesehatan agar tetap prima. Badan POM RI melaporkan bahwa di tahun 2017 terjadi peningkatan jumlah berkas pendaftaran suplemen kesehatan sebesar 41,18% dibandingkan tahun 2016 (BPOM, 2017). Sebagian besar suplemen yang beredar sekarang ini hanya mengklaim satu manfaat saja. *Spirulina platensis* dan VFO sangat bermanfaat khususnya sebagai sumber protein, lemak, dan antioksidan maka sangat baik dijadikan sebagai bahan baku suplemen kesehatan dan dapat dibentuk menjadi tablet. Formulasi suplemen tablet telah banyak dilakukan, salah satunya formulasi tablet dengan menggunakan bahan pengikat Avicel 102 (Syukroni, Trilaksana, & Uju, 2017). Formulasi ini menghasilkan karakteristik fisik tablet yang baik dengan kerapuhan tablet yang rendah.

Fahleny et al. (2014) dan Olga et al. (2015) melaporkan bahwa aktivitas antioksidan tablet hisap *Spirulina* dan minyak ikan tergolong rendah dengan nilai IC_{50} 288,68 ppm dan 250,2 ppm, sehingga perlu adanya penambahan antioksidan lainnya yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan tersebut. Penambahan antioksidan sintesis pada bahan pangan seperti BHT (*butylated hydroxytoluene*) dan BHA (*butylated hydroxyanisole*) di beberapa negara telah dibatasi karena dapat bersifat karsinogenik, sehingga diperlukan antioksidan alami. Menurut Purwaningsih,

Salamah, Sukarno, dan Deskawati (2013) aktivitas antioksidan buah bakau yang diekstrak dengan etanol tergolong sangat kuat dengan nilai IC_{50} 0,72-10,29 ppm, sehingga dapat dijadikan salah satu alternatif sebagai antioksidan alami. Kombinasi *Spirulina*, mikroenkapsulat VFO mata tuna, dan ekstrak buah bakau diduga juga dapat menyeimbangkan nilai gizi karena mengandung protein dan lemak yang tinggi serta aktivitas antioksidan. Ketiga bahan baku tersebut dapat dijadikan tablet, namun formulasinya belum diketahui, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai formulasi tablet yang memiliki banyak manfaat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formula tablet terbaik berbasis *Spirulina* dan mikroenkapsul VFO mata tuna dan menentukan profil keragaan asam lemak dan asam amino serta sumbangan gizi dan omega-3 terhadap angka kecukupan gizi pada formula tablet terpilih.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari mikroalga *Spirulina* basah yang berasal dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP), Jepara, Jawa Tengah, media Walne, air tawar, air laut, dan mata ikan tuna (*Thunnus* sp.) yang diperoleh dari perusahaan tuna loin Muara Baru Jakarta dalam kondisi beku yang disimpan menggunakan *cool box*, Gum arab (80 mesh) dan maltodekstrin (90 mesh, DE 10-15), serta bahan tambahan dalam pembuatan tablet yang terdiri dari avicel 102, aerosol (CABOT), talk (Takehara), magnesium stearat (CABOT), dan ekstrak buah bakau. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan kultur *Spirulina* (akuarium, selang, aerator, dan lampu neon), *blender* Philips HR 2115, sentrifuge Hitachi Model Part No. R12A6904357D0, *Spray Dryer* (Büchi 190 (Ø nozzle 0,7 mm)), spektrofotometer (UV-Vis 2.500 Shimadzu), mesin pencetak tablet (Rimek mini pres- II), alat uji kekerasan (YD-3), alat uji waktu hancur (Flight Pharmaceutical Machinery CO.), timbangan analitik, oven, vortex (Thermolyne), dan alat gelas.

Metode

Prosedur penelitian

Kultivasi dan pemanenan Spirulina (Diharmi, 2001)

Kultivasi *Spirulina* dilakukan menggunakan media Walne teknis (1 mL/L), suhu 25 °C, dengan salinitas air 15 ppt dan intensitas cahaya selama 24 jam, serta bibit yang digunakan sebanyak 20% dari volume kultur. Pemanenan *Spirulina* pada hari ke-11 ($OD \geq 0.5$) dengan proses penyaringan menggunakan *nylonmesh*

ukuran 20 µm, kemudian dikeringkan selama 24 jam dengan oven suhu 40 °C dan dihaluskan hingga menjadi serbuk, selanjutnya ditimbang untuk menentukan biomassa dan komposisi kimia.

Preparasi, ekstraksi, dan mikroenkapsulasi VFO mata tuna (Thunnus sp.)

Sampel mata ikan tuna (*Thunnus sp.*) beku diperoleh dari perusahaan tuna loin PT. Makmur Jaya Sejahtera, Muara Baru Jakarta Utara. Mata ikan tuna yang digunakan berukuran antara 400-497 g, dengan diameter 9-12 cm. Setelah dilelehkan, mata tuna kemudian dipotong menjadi tiga bagian untuk membuang bagian *sclera* dan lensa. Daging mata tuna kemudian dihancurkan menggunakan *blender* hingga menjadi pasta. Proses ekstraksi VFO mengacu pada Clodoveo dan Hbaieb (2013) yaitu dengan menggunakan suhu < 10 °C. Pasta mata tuna disentrifugasi (10.000 rpm, 30 menit, 4 °C). Sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan VFO dari komponen mata lainnya (daging mata, darah, air, dan sebagainya). VFO yang terbentuk dikumpulkan ke dalam botol kaca yang dilapisi aluminium foil untuk menghindari oksidasi. Setelah dilakukan perhitungan rendemen, kualitas VFO, dan aktivitas antioksidan, sampel VFO kemudian disimpan dalam *freezer* suhu -20 °C.

Mikroenkapsulasi VFO mengacu pada Rubilar et al. (2012) menggunakan bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab (2:3). Perbandingan bahan penyalut dengan VFO, yaitu 2:1 serta lama homogenisasi 10 menit. Campuran bahan penyalut dilarutkan dengan menggunakan air sebanyak 15% dan dipanaskan pada suhu 60 °C hingga meleleh. Larutan didinginkan hingga suhu mencapai 45 °C dan dihomogenkan dengan menggunakan homogenezer (13.000 rpm, 2 menit). *Virgin fish oil* ditambahkan ke dalam campuran secara bertahap yang kemudian dihomogenkan (13.000 rpm, 10 menit). Emulsi VFO yang dihasilkan

dikeringkan menggunakan *spray dryer* dengan kondisi pengeringan $T_{inlet} = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $T_{outlet} = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian sampel dilakukan uji efisiensi mikroenkapsulasi.

Formulasi tablet suplemen

Pembuatan tablet tanpa menggunakan suhu tinggi dapat dilakukan dengan metode kempa. Bahan yang digunakan antara lain bahan aktif (*Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna) dan bahan tambahan (avisel, aerosil, talek, magnesium stearat, dan ekstrak buah bakau). Pemilihan konsentrasi *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna berdasarkan standar batasan dosis konsumsi *Spirulina* setiap harinya yaitu maksimal 3 g dan dosis kebutuhan konsumsi omega-3 perhari untuk orang dewasa dan ibu hamil trimester pertama yaitu 1,1 g dan 1,4 g (Kemenkes, 2013). Formulasi tablet yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1 mengacu pada Syukroni et al. (2017) yaitu menggunakan Avicel 102 sebagai bahan pengikat.

Formula tablet terbaik dipilih berdasarkan karakteristik fisik tablet, kandungan gizi, dan aktivitas antioksidan yang akan dilakukan uji lanjut. Pengujian tablet dengan formulasi terbaik mencakup profil asam lemak dan asam amino, serta perhitungan sumbangan gizi dan omega-3 terhadap angka kecukupan gizi.

Analisis data

Kualitas bahan baku *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna dianalisis secara deskriptif (tiga kali ulangan), sedangkan penentuan formulasi tablet menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 taraf perlakuan konsentrasi tablet berbasis *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna (Walpole dan Ronald, 1992). Analisis data menggunakan *Analysis of Variant* (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Perlakuan yang berpengaruh terhadap respon, selanjutnya diuji lanjut

Tabel 1. Formulasi tablet suplemen berbasis *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna
 Table 1. Formulation of *Spirulina* supplement tablets enriched with microencapsulate tuna eye VFO

Jenis Bahan/ Material	Formulasi/Formulation		
	P1 (mg)	P2 (mg)	P3 (mg)
Serbuk <i>Spirulina/Spirulina</i> powder	250	200	150
Mikroenkapsulat VFO/ <i>Microencapsulate VFO</i>	180	230	280
Avisel 102/ <i>Avicel 102</i>	38	38	38
Aerosil (Silikon dioksida)/ <i>Aerosil (Silicon dioxide)</i>	15	15	15
Talek (Magnesium silikat)/ <i>Talc (Magnesium silicate)</i>	10	10	10
Magnesium Stearat/ <i>Magnesium Stearate</i>	5	5	5
Ekstrak buah bakau/ <i>Mangrove fruit extract</i>	2	2	2

Bobot per tablet/ *Tablet weight*: ± 500 mg

Duncan. Perhitungan dilakukan dengan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) seri 16.

Prosedur analisis

Aktivitas antioksidan (Molyneux, 2004)

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan pada biomassa kering *Spirulina* dan produk akhir tablet yang diekstrak terlebih dahulu dengan pelarut metanol p.a (1:20 b/v), sedangkan pada sampel VFO mata tuna tidak dilakukan proses ekstraksi. Pengujian antioksidan yang dilakukan mengacu pada Molyneux (2004) yaitu dengan metode DPPH. Pada sampel ekstrak *Spirulina* dan tablet ditambahkan pelarut metanol p.a. dengan konsentrasi 200-1000 ppm, sedangkan sampel ekstrak VFO mata tuna menggunakan konsentrasi 10-400 ppm. Antioksidan alami sebagai pembanding dan control positif menggunakan asam askorbat (vitamin C). Kapasitas antioksidan dinyatakan dalam bentuk persentase penghambatan terhadap radikal DPPH dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Inhibitor (\%)} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Nilai konsentrasi dan hambatan sampel diplot masing-masing pada sumbu x dan y pada persamaan regresi linear. Persamaan regresi linear yang diperoleh dalam bentuk persamaan $y = a + bx$ digunakan untuk mencari nilai IC_{50} (*inhibitor concentration 50%*) dari masing-masing sampel dengan menyatakan nilai y sebesar 50 dan nilai x yang akan diperoleh sebagai IC_{50} .

Bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (AOAC, 2005)

Sebanyak 2,5 g sampel dilarutkan ke dalam alkohol 95% sebanyak 25 mL yang dipanaskan selama 10 menit, kemudian ditambahkan 2 tetes indikator Fenolftalein. Campuran larutan sampel dititrasi menggunakan KOH 0.1 N hingga berubah menjadi warna pink yang tidak hilang dalam 10 detik. Perhitungan persentase FFA dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bilangan asam lemak} = \frac{A \times N \times 56.1}{G}$$

$$\text{FFA (\%)} = \frac{A \times N \times M}{10 G}$$

Keterangan:

- A = Jumlah titrasi KOH (mL)
- N = Normalitas KOH
- G = Berat sampel
- M = Bobot molekul asam lemak dominan

Bilangan peroksida (AOAC, 2005)

Sebanyak 2,5 g sampel dilarutkan ke dalam larutan asam asetat dan kloroform (3:2) sebanyak 30 mL, kemudian ditambahkan 0,5 mL larutan kalium iodida (KI) jenuh sambil diaduk hingga homogen. Setelah itu ditambahkan aquades (30 mL) dan larutan indikator pati 1% (0,5 mL). Larutan dititrasi hingga warna biru menghilang dengan larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,01 N. Perhitungan bilangan peroksida dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bilangan peroksida (meq/kg)} = \frac{S \times M \times 1000}{\text{Berat sampel (g)}}$$

Keterangan:

- S = Jumlah natrium tiosulfat (mL)
- M = Konsentrasi natrium tiosulfat (0.1N)

Bilangan p-anisidin (AOAC, 2005)

Pengujian bilangan p-anisidin dilakukan dengan membuat dua larutan uji yang berbeda, yaitu dengan cara 1 g sampel dilarutkan ke dalam isooktan sebanyak 25 mL (larutan uji 1) dan sebanyak 5 mL larutan uji 1 ditambahkan 1 mL *p-anisidin* (2,5 g/L) (larutan uji 2) masing-masing larutan tersebut diaduk hingga homogen dan diukur nilai absorbansinya dengan panjang gelombang 350 nm. Pengukuran absorbansi larutan uji 1 menggunakan isooktan sebagai blanko sedangkan larutan uji 2 menggunakan 5 mL larutan isooktan ditambahkan 1 mL larutan *p-anisidin* (2,5 g/L) sebagai blankonya. Perhitungan bilangan anisidin dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bilangan p-anisidin (meq/kg)} = \frac{25 \times (1.2 A1 - A2)}{m}$$

Keterangan:

- A1 = Absorbansi larutan uji 1
- A2 = Absorbansi larutan uji 2
- m = Massa sampel yang digunakan pada larutan uji 1

Bilangan total oksidasi (AOAC, 2005)

Bilangan total oksidasi (totox) merupakan penentu dari semua parameter oksidasi minyak, yang dilakukan dengan menambahkan dua kali nilai oksidasi primer dan satu kali nilai oksidasi sekunder pada minyak. Perhitungan nilai total oksidasi yaitu sebagai berikut:

$$\text{Bilangan total oksidasi} = (2PV + AV)$$

Keterangan:

- PV = Bilangan peroksida (meq/kg)
- AV = Bilangan anisidin (meq/kg)

Efisiensi mikroenkapsulasi (Velasco, Marmesat, Dobarganes, & Marquez-Ruiz, 2006)

Efisiensi mikroenkapsulasi (EM) merupakan perbandingan minyak yang terdapat di dalam mikroenkapsulat dengan berat minyak yang digunakan dalam pembuatan mikroenkapsulat atau diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$EM (\%) = \frac{\text{Kadar lemak mikroenkapsulat} \times \text{Bobot total emulsi}}{\text{Bobot minyak ikan yang diproses}} \times 100\%$$

Analisis profil asam amino (AOAC, 2005)

Analisis asam amino menggunakan HPLC yang terdiri dari pembuatan hidrolisat protein, pengeringan, derivatisasi, injeksi dan analisis asam amino. Perhitungan kandungan asam amino dalam bahan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Asam amino (\%)} = \frac{\text{Luas area sampel} \times C \times F_p \times BM}{\text{Luas area standar} \times \text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

C = Konsentrasi standar asam amino ($\mu\text{g/mL}$)

Fp = Faktor pengenceran

BM = Bobot molekul dari masing-masing asam amino (g/mol)

Analisis profil asam lemak (AOAC, 2005)

Profil asam lemak dianalisis menggunakan Gas Chromatography dengan mengubah asam lemak menjadi metil ester sebelum diinjeksikan. Kandungan komponen dalam contoh dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kandungan dalam sampel} = \frac{A_x}{A_s} \times C \text{ standar} \times \frac{V \text{ sampel}}{100} \times 100\%$$

Keterangan:

Ax = Area sampel

As = Area standar

Cstandar = Konsentrasi standar FAME

Vsampel = Volume sampel

Hasil analisis asam lemak dikelompokkan kedalam asam lemak tidak jenuh majemuk (PUFA), asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA), dan asam lemak jenuh (SFA).

Keseragaman bobot dan ukuran tablet (Depkes, 1995)

Keseragaman bobot diukur dengan cara menimbang satu persatu tablet sebanyak 20 tablet dan dihitung bobot rata-ratanya, kemudian dilanjutkan

dengan pengujian keseragaman ukuran tablet yang dilakukan dengan mengukur ketebalan dan diameter tablet menggunakan jangka sorong. Persyaratan keseragaman bobot yaitu tidak lebih dari 2 tablet yang masing-masing bobotnya menyimpang dari 5% dan tidak ada satu tablet yang bobotnya menyimpang dari 10%. Persyaratan keseragaman ukuran tablet yaitu diameter tablet tidak boleh lebih dari 3 kali tebal tablet dan tidak kurang dari $1\frac{1}{3}$ kali tebal tablet.

Kekerasan tablet (Depkes, 1995)

Tablet yang akan diuji kekerasannya menggunakan *Hardness Tester* diletakan pada posisi vertikal di antara dua posisi logam penjepit, kemudian menekan tombol *start* sehingga logam penjepit bergerak dan dicatat nilai yang tertera pada alat ketika tablet hancur. Persyaratan kekerasan tablet yaitu berkisar antara 4-8 Kp.

Kerapuhan tablet (Depkes, 1995)

Tablet yang baik memiliki kerapuhan <1%, yang dilakukan pengujian dengan cara sebanyak 20 tablet dibersihkan dari serbuk-serbuk halus lalu ditimbang beratnya (W_1), kemudian dimasukkan ke dalam alat uji kerapuhan tablet (*friability tester*) dengan kecepatan 25 rpm selama 4 menit. Setelah itu tablet dikeluarkan dan dibersihkan dari serbuk-serbuk halus lalu ditimbang kembali beratnya (W_2). Kerapuhan tablet dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kerapuhan tablet} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W_1 = Bobot tablet sebelum diuji

W_2 = Bobot tablet setelah diuji

Waktu hancur tablet (Depkes, 1995)

Pengujian waktu hancur tablet menggunakan media air pada suhu 37 °C yang dilakukan dengan cara memasukkan tablet pada masing-masing tabung dari keranjang dan dimasukkan cakram pada tiap tabung tersebut, kemudian alat *disintegration tester* dinyalakan. Persyaratan waktu hancur tablet yang baik yaitu kurang dari 15 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa dan Komposisi Kimia *Spirulina*

Pertumbuhan *Spirulina* dapat ditentukan dari perubahan warna pada media kultivasi yang menandakan peningkatan jumlah populasi yang ditunjukkan dengan penambahan nilai *Optical Density* (OD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Spirulina*

yang dipanen pada hari ke-11 dengan nilai OD 0,73 menghasilkan biomassa sebanyak 29,25±0,5%. Biomassa *Spirulina* yang dihasilkan diduga dipengaruhi oleh nilai OD yang dihasilkan. Afriani, Uju, dan Setyaningsih (2018) melaporkan *Spirulina* menghasilkan biomassa sebanyak 31% dengan nilai OD 0,88. Komposisi kimia *Spirulina* dan ketentuan standar *Spirulina* kering untuk suplemen berdasarkan SNI 8468-2018 (BSN, 2018^a) (Tabel 2).

Kandungan gizi *Spirulina* dalam penelitian ini telah memenuhi syarat sebagai bahan suplemen sebagaimana SNI 8468-2018 (BSN, 2018^a), kecuali untuk kadar lemak yang sangat jauh di bawah standar, yang diduga karena pencahayaan yang digunakan pada proses kultivasi *Spirulina* dilakukan selama 24 jam. Menurut Afriani et al. (2018) metode kultivasi FTK dengan pencahayaan yang cenderung lebih sedikit menghasilkan kandungan lemak lebih tinggi dari pada kandungan lemak yang dihasilkan oleh sistem kultivasi FK dengan pencahayaan yang lebih banyak. Penambahan VFO mata tuna karena itu diharapkan dapat melengkapi kandungan nutrisinya.

Rendemen dan Kualitas Mutu VFO Mata Tuna

Rendemen VFO mata tuna yang diperoleh dengan metode ekstraksi dingin adalah 11,59±0,53%. Hasil ekstraksi VFO telah memenuhi ketentuan standar yang telah ditetapkan BSN (2018^b) pada parameter asam lemak bebas, bilangan asam, dan bilangan p-anisidin namun belum dapat memenuhi ketentuan

standar pada parameter bilangan peroksida dan total oksidasi. Hal tersebut diduga karena lamanya penyimpanan bahan baku mata tuna yang digunakan telah mencapai empat bulan sehingga mengalami kemunduran mutu selama penyimpanan beku. Proses penanganan yang dilakukan yang tidak baik juga akan meningkatkan aktivitas metabolik ikan sehingga dapat menimbulkan akumulasi produksi peroksida pada minyak ikan. Mazrouh (2015) menyatakan selama masa penyimpanan proses denaturasi protein, hidrolisis lemak, dan oksidasi akan tetap terjadi. Kualitas VFO mata tuna hasil ekstraksi dingin ditunjukkan pada Tabel 3.

Efisiensi Mikroenkapsulasi

Mikrokapsul VFO mata tuna dibuat dengan menggunakan bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab sebagai *emulsifier* dengan perbandingan 2:3. Penggunaan maltodekstrin dan gum arab menurut Hasibuan, Tamrin dan Muis (2017) sebagai bahan penyalut dapat menghasilkan kelarutan yang baik dalam air dan melindungi dari terjadinya oksidasi minyak, sedangkan gum arab dapat membuat kestabilan yang sempurna dan berperan sebagai pengemulsi.

Efisiensi mikroenkapsulasi dinyatakan sebagai banyaknya jumlah minyak ikan yang tersalut dalam mikroenkapsulat. Efisiensi mikroenkapsulasi yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan beberapa hasil

Tabel 2 Komposisi kimia biomassa kering *Spirulina*
Table 2 Chemical properties of dry *Spirulina* biomass

Komponen/Component (%)	Biomassa Kering <i>Spirulina</i> /Dry <i>Spirulina</i> Biomass (basis basah/wet base)	Standar <i>Spirulina</i> Kering untuk Suplemen/Dry <i>Spirulina</i> Standards for Supplements (SNI 8468:2018)
Air/Moisture	5.26±0.30	Maks./Max. 10
Abu/Ash	5.64±0.13	-
Lemak/Lipid	0.82±0.12	Min./Min. 2
Protein/Protein	55.51±0.42	Min./Min. 50
Karbohidrat/Carbohydrate (by difference)	32.78±0.58	-

Tabel 3 Kualitas VFO mata tuna dan ketentuan standar mutu minyak ikan
Table 3. Tuna eye VFO quality and fish oil quality standard requirements

Parameter/Parameters	Minyak Murni Mata Tuna/ Tuna Eye Virgin Fish Oil	SNI 8467:2018
Asam lemak bebas/Free fatty acids (%)	0.53±0.01	-
Bilangan asam/Acid number (mg KOH/g)	1.05±0.03	<3
Bilangan peroksida/Peroxide number (meq/kg)	14.08±0.04	<5
Bilangan p-anisidin/p-anisidin number (meq/kg)	3.24±0.05	<20
Total oksidasi/Total oxidation (meq/kg)	31.40±0.09	<26

penelitian yaitu 92,15±0,91%. Hal tersebut diduga karena jenis bahan penyalut dan perbandingan bahan penyalut yang digunakan lebih banyak dibandingkan VFO mata tuna yaitu 2:1. Menurut Rubilar et al. (2012) konsentrasi minyak ikan yang lebih sedikit dan penambahan bahan penyalut yang lebih banyak akan meningkatkan nilai efisiensi mikroenkapsulasi. Hasibuan et al. (2017) melaporkan bahwa perbandingan bahan penyalut dan minyak ikan pora-pora (1:4) menghasilkan efisiensi mikroenkapsulasi 51%. Pramestia, Riyanto, dan Trilaksani (2015) juga melaporkan bahwa efisiensi mikroenkapsulasi dengan perbandingan bahan penyalut dan minyak ikan lemuru 1:1 yaitu sebanyak 90,41%.

Karakteristik Fisik Tablet

Evaluasi karakteristik fisik tablet bertujuan untuk mengetahui kualitas tablet dengan membandingkan hasil evaluasi dan persyaratan tablet yang berlaku. Hasil evaluasi karakteristik fisik tablet menunjukkan bahwa semua formula tablet telah memenuhi

persyaratan mutu tablet yang ditetapkan Depkes(1995), namun masih ada satu parameter yang belum dapat memenuhi ketentuan standar yaitu parameter pada formula tablet P1 (Tabel 4).

Keseragaman Bobot dan Ukuran Tablet

Keseragaman bobot tablet yang diperoleh berkisar antara 500,28-200,52 mg dengan keseragaman ukuran diameter dan tebal tablet 1 cm dan 0,6 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan rasio *Spirulina* dan mikro kapsul VFO mata tuna tidak berpengaruh terhadap keseragaman bobot dan ukuran tablet. Hal tersebut diduga karena konsentrasi aerosol sebagai bahan pelicin yang digunakan sama sehingga menghasilkan kecepatan alir yang baik pada saat pengisian ruang cetakan menjadi seragam. Khaidir, Murrukmihadi, dan Kusuma (2015) menyatakan keseragaman bobot dipengaruhi oleh kecepatan alir dan jumlah granul yang konstan sehingga granul mudah mengisi ruang cetakan (*die*).

Tabel 4. Karakteristik tablet suplemen berbasis *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna
 Table 4. Characteristics of *Spirulina* supplement tablets enriched with tuna eye VFO microencapsulate

Evaluasi Tablet/ Tablet Evaluation	Formulasi/Formulation			Syarat Mutu Tablet >300 mg/Tablet Quality Requirements >300 mg (Depkes RI, 1995)
	P1	P2	P3	
Keseragaman bobot/ Uniformity weight (mg)	500.52±0.04 ^a	500.37±0.05 ^a	500.28±0.03 ^a	5% dan 10% dari bobot tablet/5% and 10% of tablet weight
Keseragaman ukuran/ Size uniformity				
a. Diameter tablet/ Tablet diameter (cm)	1	1	1	3x tebal tablet ≥ D ≥ 1/3 tebal tablet/3x thick tablets ≥ D ≥ 1/3 thick tablets
b. Tebal tablet/ Tablet thickness	0.6	0.6	0.6	
Kekerasan tablet/ Hardness of tablet (Kp)	6.46±0.12 ^a	5.34±0.10 ^b	4.41±0.13 ^c	4-8 Kp
Kerapuhan tablet/ Tablet fragility (%)	0.09	0.16	0.22	<1%
Waktu hancur (menit)/ Crash time (minutes)	17 menit 55 detik/ 17 minutes 55 seconds	14 menit 12 detik/ 14 minutes 12 seconds	11 menit 37 detik/ 11 minutes 37 seconds	< 15 Menit/< 15 minutes

Keterangan/Note:

Bobot pertablet/Tablet weight: ± 500 mg

Rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna/Ratio of *Spirulina* and PFO tuna eye microencapsulate

P1: (250:180 mg)

P2: (200:230 mg)

P3: (150:280 mg)

Notasi dengan huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 0,05 (P<0,05)/Notation with different letters at the same row indicate significant different at 0.05 (P<0.05)

Kekerasan dan Kerapuhan Tablet

Perbedaan rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna berdasarkan analisis ragam berpengaruh terhadap kekerasan dan kerapuhan tablet yang dihasilkan. Uji lanjut dengan menggunakan Duncan juga menunjukkan bahwa kekerasan tablet pada masing-masing perlakuan saling berbeda nyata satu sama lain. Perbedaan kekerasan tablet tersebut juga akan mempengaruhi persen kerapuhan tablet yang dihasilkan. Hal tersebut diduga karena adanya perbedaan dari sifat *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO sebagai bahan pembuatan tablet. Menurut Syamsia, Pratiwi dan Susana (2017) salah satu faktor yang mempengaruhi kekerasan tablet adalah sifat bahan yang akan dikempa. Rori, Yamlean, dan Sudewi (2016) juga menyatakan semakin besar kekerasan tablet maka ikatan antar partikel penyusun tablet semakin kuat sehingga kerapuhannya semakin kecil. Faktor yang mempengaruhi kerapuhan tablet yaitu kekerasan tablet, waktu hancur, dan jenis bahan pengikat yang digunakan (Lachman, Lieberman & Kanig, 1994)

Waktu Hancur Tablet

Hasil uji waktu hancur (Tabel 2) menunjukkan bahwa formula tablet P3 memiliki waktu hancur yang lebih cepat yaitu 11 menit 37 detik. Hal tersebut disebabkan karena tablet P3 memiliki kekerasan tablet yang lebih rendah serta nilai kerapuhan (persen) yang lebih tinggi dibandingkan tablet P1 dan P2. Menurut Rori et al. (2016) formula tablet yang memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi akan menghasilkan waktu hancur yang lebih lama.

Aktivitas Antioksidan Tablet

Perbedaan rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna berdasarkan analisis ragam

berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan tablet. Uji lanjut dengan menggunakan Duncan juga menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tablet pada masing-masing perlakuan saling berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan tablet P3 memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan tablet P1 dan P2, berdasarkan nilai IC_{50} yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Perbedaan nilai IC_{50} setiap perlakuan tablet diduga karena aktivitas antioksidan VFO mata tuna (IC_{50} 357,55) lebih baik dibandingkan ekstrak *Spirulina* (463,15 ppm), sehingga tablet P3 mempunyai nilai IC_{50} yang lebih rendah. Penambahan ekstrak buah bakau juga diduga mempengaruhi peningkatan aktivitas antioksidan pada tablet. Menurut Podungge, Purwaningsih dan Nurhayati (2015) ekstrak buah hitam (*Rhizophora mucronata*) diketahui memiliki aktivitas antioksidasi yang tergolong ke dalam kategori antioksidan kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 86,79 ppm, sehingga tablet P3 menghasilkan nilai IC_{50} yang lebih rendah dan tergolong ke dalam kategori antioksidan sedang. Olga et al., (2015) dan Yudiati, Sedjati, dan Agustian (2011) melaporkan bahwa aktivitas antioksidan minyak ikan dan *Spirulina* memiliki nilai IC_{50} 250,2 ppm dan 383 ppm. Menurut Molyneux (2004) aktivitas antioksidan sangat kuat jika nilai IC_{50} (<50 ppm), kuat (50-100 ppm), dan lemah (150-200 ppm).

Antioksidan yang dihasilkan VFO mata tuna diduga berasal dari pigmen alami yang terkandung di dalamnya. Sellami, Rebah, Gargouri, dan Miled (2018) melaporkan minyak hati ikan mengandung senyawa antioksidan alami karotenoid dan fenolik sebesar 22,72 mg/100g dan 246,02 mg GAE/kg. Kandungan asam lemak tidak jenuh yang terdapat pada VFO mata tuna diduga juga berperan dalam meningkatkan aktivitas antioksidan. Renuka et al., (2016) minyak

Tabel 5. Nilai IC_{50} ekstrak metanol bahan baku dan tablet metode DPPH

Table 5. IC_{50} value of methanol extract of raw materials and tablet DPPH method

Sampel/Sample	Nilai IC_{50} / IC_{50} value (ppm)
<i>Spirulina</i>	463.15±0.0037*
VFO mata tuna/Tuna eyes VFO	357.55±0.062*
Tablet P1	351.79±0.11 ^c
Tablet P2	292.09±0.24 ^b
Tablet P3	133.27±0.17 ^a

Keterangan/Note :

Notasi dengan huruf berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf 0,05 ($P < 0,05$)/Notation with different letters indicate significant different at 0.05 ($P < 0.05$)

*rerata ± SD dari 3 ulangan pada sampel yang sama/average of three measurements ± SD

Rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna/Ratio of *Spirulina* and PFO tuna eye microencapsulate

P1: (250:180 mg)

P2: (200:230 mg)

P3: (150:280 mg)

ikan mata tuna sirip kuning mengandung asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) 38,08% dan asam lemak tidak jenuh majemuk (PUFA) 48,75%. Keaktifan dari golongan senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan ditentukan dengan adanya gugus fungsi –OH (hidroksil) bebas dan ikatan rangkap karbon (Fessenden & Fessenden, 1986).

Komposisi Kimia Tablet

Perbedaan rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna berdasarkan analisis ragam berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap komposisi kimia tablet. Uji lanjut dengan menggunakan Duncan menunjukkan bahwa komposisi kimia tablet pada masing-masing perlakuan saling berbeda nyata satu sama lain. Tablet P3 dengan konsentrasi mikroenkapsulat VFO mata tuna yang lebih banyak merupakan formula tablet yang terpilih karena memiliki kadar air dan abu yang rendah serta kadar lemak yang tinggi jika dibandingkan dengan tablet P1 dan P2, yaitu berturut-turut 6,45%, 7,83%, dan 14,67%. Hal tersebut diduga karena berdasarkan hasil pengujian *Spirulina* diketahui memiliki kadar air yang lebih tinggi (5,26%) dan kadar lemak yang rendah (0,82%) dibandingkan mikroenkapsulat VFO mata tuna yang memiliki kandungan lemak 30,72%. Syahrul dan Dewita (2016)

menyatakan kadar lemak yang terdapat pada suplemen makanan kesehatan dari minyak ikan dan *Chlorella* dengan perbandingan 60:40, yaitu 13,24%. Komposisi kimia tablet dapat dilihat pada Gambar 1.

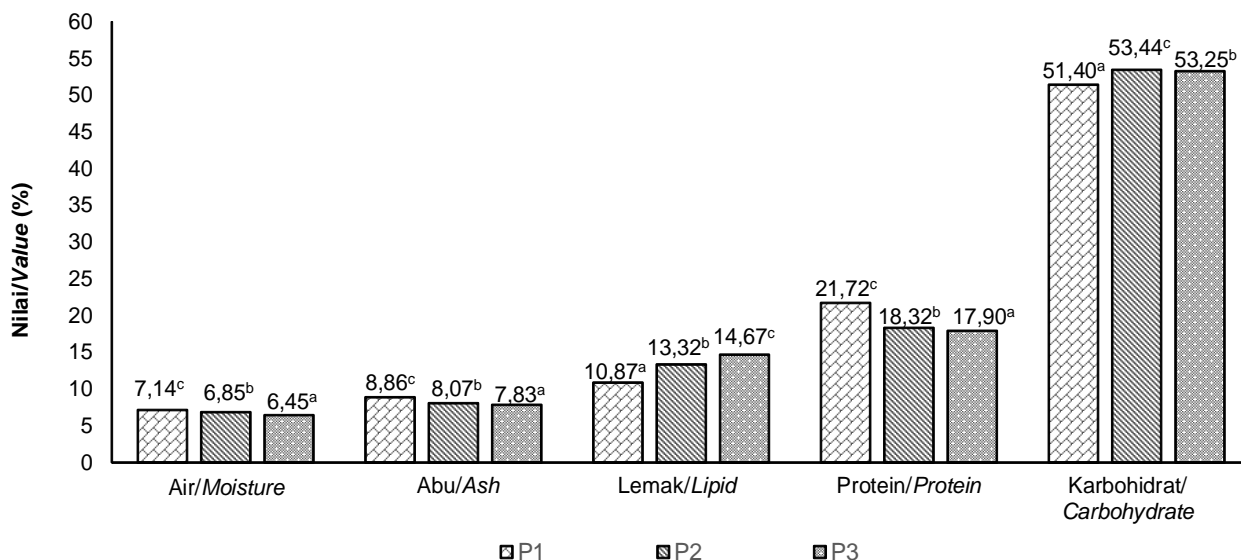
Karakteristik Tablet Terpilih

Tablet P3 merupakan formula tablet yang terpilih yang akan dilakukan uji lanjut karena memiliki karakteristik fisik, aktivitas antioksidan, dan kandungan lemak yang lebih baik dibandingkan formula tablet P1 dan P2.

Profil Asam Amino dan Asam Lemak

Profil asam amino yang terdapat pada tablet berhubungan dengan kadungan proteinnya, Jika kandungan protein pada tablet rendah maka kandungan asam amino pada tablet akan rendah juga (Saputra, Agustini, & Dewi, 2014). Tablet P3 mengandung kadar protein sebanyak 17,90%. Hasil penelitian menunjukkan formula tablet P3 banyak mengandung asam amino non esensial yaitu arginin, asam glutamat, dan asam aspartat serta asam amino esensial yaitu leusin, valin, dan isoleusin. Profil asam amino pada formula tablet P3 disajikan pada Gambar 2.

Profil asam lemak dapat dilihat pada Tabel 6. Kandungan asam lemak tertinggi dari tablet P3 yaitu



Keterangan/Note :

Notasi dengan huruf berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf 0,05 ($P < 0,05$)/Notation with different letters indicate significant different at 0.05 ($P < 0.05$)

Rasio *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna/Ratio of *Spirulina* and PFO tuna eye microencapsulate

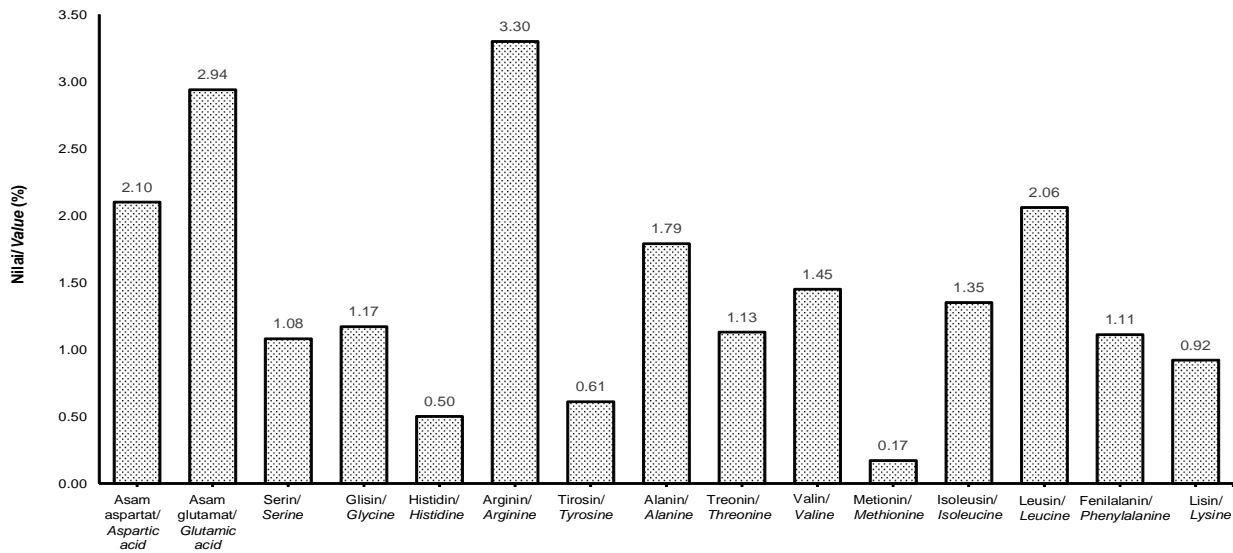
P1: (250:180 mg)

P2: (200:230 mg)

P3: (150:280 mg)

Gambar 1. Komposisi kimia tablet berbasis *Spirulina* dan mikroenkapsul VFO mata tuna

Figure 1. Chemical properties of *Spirulina* supplement tablets enriched with tuna eye VFO microcapsules



Gambar 2. Profil asam amino formula tablet P3 (150:280 mg)
 Figure 2. Amino acid profile of tablet P3 (150:280 mg)

Tabel 6 Profil asam lemak formula tablet P3 (150:280 mg)
 Table 6 Fatty acids profile of P3 tablet formula (150: 280 mg)

Asam Lemak/Fatty Acid	Kandungan (% b/b)/ Amount (% w/w)
Asam Laurat, C12:0/Lauric Acid C12:0	0.02
Asam Miristat, C14:0/Myristic Acid C14:0	1.50
Asam Pentadekanoat, C15:0/Pentadecanoic Acid, C15:0	0.47
Asam Palmitat, C16:0/Palmitic Acid C16:0	11.35
Asam Heptadekanoat, C17:0/Heptadecanoic Acid, C17:0	0.25
Asam Stearat, C18:0/Stearic Acid, C18:0	2.29
Asam Arakhidrat, C20:0/Arachidic Acid, C20:0	0.16
Asam Heneikosanoat, C21:0/Hexanoic Acid, C21:0	0.02
Asam Behenat, C22:0/Behenic acid, C22:0	0.08
Asam Trikosanoat, C23:0/Tricosylic Acid, C23:0	0.03
Asam Lignoserat, C24:0/Lignoceric Acid, C24:0	0.07
Total SFA (Saturated Fatty Acid)	16,24
Asam Miristoleat, C14:1/Myristic Acid, C14:1	0.06
Asam Palmitoleat, C16:1/Palmitoleic acid, C16:1	4.37
Cis-10-Asam Heptadekanoat, C17:1/Cis-10-Heptadecanoic Acid, C17:1	0.64
Asam Elaidat, C18:1n-9t/Elaidic acid, C18:1n-9t	0.14
Asam Oleat, C18:1n-9c/Oleic Acid, C18:1n-9c	12.77
Cis-11-Asam Eikosenoat, C20:1/Cis-11-Eicosenoic Acid, C20:1	1.1
Asam Nervonat, C24:1/Nervonat Acid, C24:1	0.49
Total MUFA (Monounsaturated Fatty Acid)	19.57
Asam Linoleat, C18:2n-6c/Linolenic Acid, C18:2n-6c	0.71
Asam Linolenat, C18:3n-3/Linolenic Acid, C18:3n-3	0.1
Asam γ-Linolenat, C18:3n-6/γ-Linolenic Acid, C18:3n-6	0.65
Cis-11,14-Asam Eikosarinoat, C20:2/Cis-11,14-Eicosatetraenoic Acid	0.15
Cis-11,14,17-Asam Eikosatrienoat Metil Ester, C20:3n-3/Cis-11,14,17- Eikosatrienoic Metil Ester Acid,	0.04
Asam Arakhidonat, C20:4n-6/Arachidonic Acid, C20:4n-6	0.4
Asam Eikosapentanoat (EPA), C20:5n-3/Eicosapentanoic Acid (EPA), C20:5n-3	1.57
Asam Dokosahexaenoat (DHA), C22:6n-3/Docosahexaenoic Acid(DHA), C22:6n-3	18.03
Total PUFA (Polyunsaturated Fatty Acid)	21.65
ω3	19.74
ω6	1.76
ω9	12.91

Tabel 7. Informasi nilai gizi tablet
 Table 7. Information on the nutritional value of tablets

Parameter	Jumlah Energi (kkal)/Amount of Energy (kcal)	
	Ibu Hamil Trimester 1/ First Trimester Pregnant Women	Dewasa/Adult
Total energy/Total energy	37.48	31.23
Total energi dari lemak/ Total energy from lipid	11.88	9.9

Parameter	Jumlah kandungan gizi per takaran saji (9g)/Total nutrient content per serving (9g)	%AKG/%RDA ¹	Jumlah kandungan gizi per takaran saji (7,5g)/ Total nutrient content per serving (7,5g)	%AKG/%RDA ²
	Karbohidrat/ Carbohydrate	4.79 g	1.43%	3.99 g
Protein/Protin	1.61 g	2.12%	1.34 g	2.36%
Lemak/Lipid	1.32 g	1.63%	1.1 g	1.83%
EPA/EPA	20.72 mg		17.27 mg	
DHA/DHA	240 mg		198 mg	
Total Omega-3/Omega-3 Total	260 mg	18.60%	220 mg	20%

Keterangan/Note:

¹ Persen AKG berdasarkan kebutuhan energi 2.430 kkal/RDA percentage is based on energy needs of 2,430 kcal

² Persen AKG berdasarkan kebutuhan energi 2.150 kkal/RDA percentage is based on energy needs of 2,150 kcal

asam lemak tidak jenuh majemuk (PUFA) 21,65%, kemudian diikuti oleh asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) 19,57%, dan asam lemak jenuh (SFA) yang memiliki proporsi terendah 16,24%. Asam lemak DHA memiliki proporsi tertinggi pada keseluruhan proporsi asam lemak, yaitu 18,03%. Hal tersebut dikarenakan minyak mata tuna yang digunakan memiliki kandungan DHA yang tinggi. Renuka et al., (2016) melaporkan kandungan DHA pada minyak ikan mata tuna sirip kuning adalah 36,72%.

Sumbangan Gizi dan Energi Tablet terhadap Angka Kecukupan Gizi

Formula tablet P3 dalam satu kali takaran saji 9 g menyumbang energi sebesar 37,48 kkal. Jumlah asupan omega-3 ibu hamil trimester 1 yang terpenuhi dalam satu kali takaran saji yaitu 18,6% dengan jumlah DHA 240 mg dan EPA 20,72 mg. Nilai tersebut sudah memenuhi satu per enam dari kebutuhan omega-3 per hari. Kemenkes (2013) menganjurkan wanita usia 19-29 tahun dalam kondisi hamil trimester 1 mengkonsumsi asam lemak omega-3 sebesar 1,4 g.

Konsumsi tablet untuk orang dewasa dengan rerata kecukupan energi 2.150 kkal, dengan takaran saji 7.5 g dapat memenuhi satu per lima dari kebutuhan omega-3 yang disarankan Kemenkes (2013), yaitu 1,1 g. Informasi nilai gizi formula tablet P3 ditunjukkan pada Tabel 7.

KESIMPULAN

Tablet P3 dengan perbandingan *Spirulina* dan mikroenkapsulat VFO mata tuna 150:280 mg adalah

formula tablet yang terbaik berdasarkan karakteristik fisik tablet, aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ 133,27 ppm, dan kandungan lemak yang tinggi yaitu 14,67%. Tablet P3 memiliki proporsi asam amino arginin dan asam lemak DHA tertinggi yaitu 3,30% dan 18,03% serta dapat memenuhi satu per enam kebutuhan omega-3 rata-rata ibu hamil trimester pertama.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, S., Uju., & Setyaningsih, I. (2018). Komposisi kimia *Spirulina platensis* yang dikultivasi dalam fotobioreaktor dengan fotoperiode berbeda. *JPHPI*. 21(3): 471-479.
- Agarwal, R. K., & Bosco, S. J. D. (2017). Extraction processes of virgin coconut oil. *MOJ. Food. Process. Techn.*, 4(2), 54-56.
- Agustini, T. W., Suzery, M., Sutrisnanto, D., Ma'ruf, W. F., & Hadiyanto. (2015). Comparative study of bioactive substances extracted from fresh and dried *Spirulina sp.* *Procedia. Environ. Sci.*, 23, 282-289.
- Association of Official analytical Chemist. (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist*. Arlington Virginia (US): The Association of Analytical Chemist Inc.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (BPOM) 2017. *Laporan Tahunan Badan POM*. Jakarta (ID): Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. hlm 109.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2018a). *SNI 8468-2018 tentang Spirulina spp Kering-Syarat Mutu dan Pengolahan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2018b). *SNI 8467-2018 tentang Minyak Ikan Murni (Refined Fish*

- Oil)-Syarat Mutu dan Pengolahan. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Codex Alimentarius Commission. (CAC). (2017). *Standard for Fish Oils CODEX STAN 329-2017*. CODEX (ITA): Roma.
- Clodoveo, M. L., & Hbaieb, R. H. (2013). Beyond the traditional virgin olive oil extraction systems: searching innovative and sustainable plant engineering solutions. *Food Research International.*, 54(2),1926-1933.
- Diharmi, A. (2001). *Pengaruh pencahayaan terhadap kandungan pigmen bioaktif mikroalga Spirulina platensis strain local (INK)* [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. Retrieved from <http://www.repository.ipb.ac.id>. hlm 78.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (Depkes RI). (1995). *Farmakope Indonesia*. Edisi IV. Jakarta (ID): Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1986). *Kimia Organik Dasar*. Ed ke-3. Jakarta (ID): Erlangga. hlm 39.
- Fahleny, R., Trilaksani, W., & Setyaningsih, I. (2014). Aktivitas antioksidan pada formula terpilih tablet hisap *Spirulina platensis* berdasarkan karakter fisik. *J. Trop. Mar. Sci. Tech.*, 6(2), 427-444.
- Hasibuan, N. F., Tamrin., & Muis, Y. (2017). Mikroenkapsulasi minyak ikan pora-pora (*Mystacoleucus padangensis*) menggunakan metode *spray drying* untuk aplikasi nutrisi makanan. *J. Chem. Mulawarman.*, 14(2), 108-114.
- Joshi, S. M. R., Bera, M. B., & Panesar, P. S. (2014). Extrusion cooking of maize/*Spirulina* mixture: Factors affecting expanded product characteristics and sensory quality. *J. Food. Process. Pres.*, 38(2), 655-664.
- Kementerian Kesehatan. (KEMENKES). 2013. *Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 75 tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan bagi Bangsa Indonesia*. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Khaidir, S., Murrulkimhad, M., dan Kusuma, A. P. (2015). Formulasi tablet ekstrak kangkung air (*Ipomoea aquatica* F.) dengan variasi kadar amilum manihot sebagai bahan penghancur. *J Ilmiah Farmasi.*, 11(1), 1-8.
- Lachman, L., Lieberman, H. A., & Kanig, J. L. (1994). *Teori dan Praktek Farmasi Industri*. Ed ke-III. Jakarta (ID): UI Press.
- Mazrouh, M. M. (2015). Effects of freezing storage on the biochemical composition in muscles of *Saurida undosquamis* comparing with the imported frozen. *Int J Fisheries and Aquatic Studies.*, 3(2), 295-299.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci. Technol.*, 26(2), 211-219.
- Olga, N., Pozharitskaya, A. N., Shikov, V. M., Kosman, A. I., Selezneva, I. N., Urakova, M. N., Makarova, V. G., & Makarov. (2015). Immunomodulatory and antioxidant properties of fixed combination of fish oil with plant extracts. *J. Syn.*, 2(3), 19-24.
- Ousalou, Y. A. A. (2015). Modified Extraction Method for Determination of Fatty Acids from Tuna's Eye in Iranian Coasts of Persian Gulf and Oman Sea. *J Energy Env.*, 6(1),72-76.
- Podungge, F., Purwaningsih, S., & Nurhayati, T. (2015). Karakteristik buah bakau hitam sebagai sediaan ekstrak sumber antioksidan. *JPHPI.*, 18(2),140-149.
- Pramestia, S. P., Riyanto, B., & Trilaksani, W. (2015). Mikroenkapsulasi minyak ikan kaya asam lemak omega-3 sebagai bahan fortifikasi pada sup krim keping instan. *JPHPI.*, 18(2), 162-176.
- Purwaningsih, S., Salamah, E., Sukarno, A. Y. P., & Deskawati, E. (2013). Aktivitas antioksidan dari buah *Mangrove (R. mucronata* Lamk.) pada suhu yang berbeda. *JPHPI.*, 16(3), 199-206.
- Renuka, V., Anandan, R., Suseela, M., Ravishankar, C. N., & Sivaraman, G. K. (2016). Fatty acid profile of yellowfin tuna eye (*Thunnus albacares*) and oil sardine muscle (*Sardinella longiceps*). *Fish Technol.*, 53(1), 151-154.
- Roberto., & Saldivar, P. (2015). Photosynthetic bioenergy utilizing CO2: An approach on flue gases utilization for third generation biofuels. *J. Clean. Prod.*, 98, 53-65.
- Rori, W. M., Yamlean, P. V. Y., & Sudewi, S. (2016). Formulasi dan evaluasi sediaan tablet ekstrak daun gedi hijau (*Abelmoschus manihot*) dengan metode granulasi basah. *J. Ilmiah. Farmasi.*, 5(2), 243-250.
- Rubilar, M., Morales, E., Contreras, K., Ceballos, C., Acevedo, F., Villarroel, M., & Shene, C. (2012). Development of a soup powder enriched with microencapsulated linseed oil as a source of omega-3 fatty acids. *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.*, 114, 423-433.
- Santos, T. D., Freitas, B. C. B., Moreira, J. B., Zanfonato, K., & Costa, J. A. V. (2016). Development of powdered food with the addition of *Spirulina* for food supplementation of the elderly population Innovative. *Food. Sci. Technol.*, 37, 216-220.
- Saputra, J. S. E., Agustini, T. W., & Dewi, E. N. (2014). Pengaruh penambahan biomassa serbuk *Spirulina platensis* terhadap sifat fisik, kimia, dan sensori pada tablet hisap (*lozenges*). *JPHPI.*, 17(3), 281-291.
- Sellami, M., Rebah, F. B., Gargouri, Y., & Miled, N. (2018). Lipid composition and antioxidant activity of liver oils from ray species living in Tunisian coasts. *Arabian. J. Chem.*, 11(2), 233-239.
- Syahrul., & Dewita. (2016). Suplemen makanan kesehatan (*health food*) bernutrisi tinggi dari *Chlorella* dan minyak ikan patin. *JPHPI.*, 19(3), 251-255.
- Syamsia., Pratiwi, R. D., & Susana. (2017). Sifat fisik tablet dihydroartemisinin-piperaquin (DHP) sediaan generik dan sediaan dengan nama dagang yang beredar di kotamadya Jayapura. *JIF.*, 6(3), 2302-2493.
- Syukroni, I., Trilaksani, W., & Uju. (2017). Recovery and Valorization Of Snakehead Fish (*Channa Striata*) Surimi Wash Water As Stock Albumin Tablet. *IJSTR.*, 6(11). 2277-8616.
- Velasco, J., Marmesat, S., Dobarganes, C., & Marquez-Ruiz, G. (2006). Heterogeneous aspect of lipid oxidation in dried microencapsulated oils. *J Agr Food Chem.*, 54(1), 1722-1729.
- Walpole, & Ronald, E. (1992). *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama. 384.
- Yudiati, E., Sedjati, S., & Agustian, R. (2011). Aktivitas antioksidan dan toksisitas ekstrak methanol dan pigmen kasar *Spirulina* sp. *JIK.*, 16(4), 187-192.