

## Kualitas Ekstrak Minyak Mikroalga *Spirulina* sp. dengan Metode Ekstraksi Yang Berbeda

### Quality of microalga oil extracts *Spirulina* sp. with different extraction methods

Heder Djamaludin<sup>1✉</sup> & Anies Chamidah<sup>1</sup>

Staf Pengajar Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, FPIK, Universitas Brawijaya

Jalan Veteran, Kota Malang, Jawa Timur 65145.

✉Corresponding author: [hederdjamiludin@ub.ac.id](mailto:hederdjamiludin@ub.ac.id)

#### ABSTRAK

Mikroalga merupakan salah satu organisme yang potensial untuk dijadikan sebagai sumber bahan baku produksi minyak nabati. Minyak nabati yang bersumber dari mikroalga memiliki potensi yang cukup besar dalam pemanfaatannya sebagai *edible oil* di industri pangan. Keunggulan minyak nabati dari mikroalga bila dibandingkan dengan sumber nabati yang hidup di darat adalah ekstraksi minyak mikroalga tanpa proses penggilingan, minyak mikroalga dapat langsung diekstraksi dengan metode maserasi, bantuan enzim, pemerasan, ekstraksi CO<sub>2</sub>, ultrasonikasi, *osmotic shock* dan metode perusakan dinding sel yang lain, serta fase pertumbuhannya cepat, produktivitas tinggi dan mampu menghasilkan biomassa 50 kali lebih besar daripada tanaman *terrestrial*. Metode ekstraksi yang digunakan adalah dengan prinsip perusakan sel (*cell disruption method*) mikroalga *Spirulina* sp. melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan kedua metode ekstraksi tersebut manakah yang lebih efisien dan mengetahui kualitas minyak yang diperoleh dengan parameter kualitas minyak yakni bilangan Iod, kadar *free fatty acid* (FFA), dan bilangan peroksida. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan percobaannya yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan metode ekstraksi. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ekstraksi UAE lebih efisien daripada MAE dengan nilai rendemen sebesar 2,15%. Kualitas minyak mikroalga *Spirulina* sp. dengan metode UAE yakni bilangan Iod 116,19 g I<sub>2</sub>/g, kadar *free fatty acid* 0,05%, dan bilangan peroksida 1,75 meq O<sub>2</sub>/g. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. memenuhi standar sebagai minyak nabati. Perlu dilakukan analisis kandungan jenis-jenis asam lemak untuk mengetahui kualitas gizi minyak nabati dari mikroalga *Spirulina* sp.

**Kata kunci:** *Spirulina* sp., UAE, MAE, minyak mikroalga

#### Pendahuluan

Mikroalga merupakan salah satu organisme yang berpotensi sebagai *raw material* dalam pengembangan riset dan teknologi untuk menghasilkan minyak nabati. Minyak nabati merupakan minyak yang diperoleh dengan cara diekstraksi dari berbagai bagian tumbuhan/tanaman. Kegunaan minyak tersebut cukup luas di antaranya sebagai makanan dan pelengkap makanan, obat-obatan dan aromaterapi, keperluan industri dan bahan bakar [1]. Berdasarkan kegunaannya, minyak nabati dikelompokkan menjadi dua, yaitu *edible oil* dan *non edible oil*. Kelompok *edible oil* digunakan dalam industri pangan sebagai minyak goreng, seperti minyak kedelai, minyak kelapa sawit, minyak zaitun, dan minyak kelapa. Untuk kelompok *non edible oil*, seperti minyak kayu putih dan minyak biji jarak digunakan dalam industri non pangan. Minyak nabati digunakan sebagai minyak goreng di industri pangan karena sebagai sumber energi, pelarut vitamin A, D, E dan K, serta kaya akan kandungan asam lemak esensial terutama asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid*) [2].

Pemanfaatan mikroalga sebagai sumber minyak nabati memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan sumber minyak nabati dari tanaman yang hidup di darat. Keunggulan minyak nabati dari mikroalga bila dibandingkan dengan sumber nabati yang hidup di darat adalah ekstraksi minyak mikroalga tanpa proses penggilingan, minyak mikroalga dapat langsung diekstraksi dengan metode maserasi, bantuan enzim, pemerasan, ekstraksi CO<sub>2</sub>, ultrasonikasi, *osmotic shock* dan metode perusakan dinding sel yang lain,

serta fase pertumbuhannya cepat, produktivitas tinggi dan mampu menghasilkan biomassa 50 kali lebih besar daripada tanaman *terrestrial* [3]. Salah satu jenis mikroalga yang saat ini memiliki potensi besar dan sangat gencar dikembangkan yakni *Spirulina* sp. Selain alasan tersebut, apabila ditinjau dari aspek kesehatan, mikroalga *Spirulina* sp. mengandung asam lemak omega-3, seperti *Eicosapentaenoic Acid* (EPA) dan *Docohexanoic Acid* (DHA). Asam lemak omega-3 berfungsi untuk membersihkan plasma dari lipoprotein dan VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*), serta menurunkan produksi trigliserida dan apolipoprotein beta di dalam hati. Selain berperan dalam pencegahan penyakit jantung koroner (PJK) dan artritis, asam lemak omega-3 juga penting dalam pengoptimalan fungsi otak dan retina [4]. Jenis kandungan asam lemak tertinggi dari *Spirulina* sp. adalah *Gamma Linoleic Acid* (GLA) sekitar 25-60% dari total lemak. Kandungan *Poly Unsaturated Fatty Acid* (PUFA) dalam *Spirulina* sp. sekitar 1,3-15% dari lemak total (Christwardana *et al.*, 2013). Jenis PUFA, seperti asam lemak arakhidonat, linoleat dan linolenat berperan penting dalam transpor dan metabolisme lemak, meningkatkan imun serta mempertahankan fungsi dan integritas membran sel [5].

Kandungan minyak dalam mikroalga *Spirulina* sp. sangat bervariasi tergantung dari kondisi lingkungan tempat tumbuhnya [6]. Kandungan minyak dalam mikroalga *Spirulina* sp. biasanya berbentuk gliserol dan asam lemak dengan panjang rantai C14 sampai C22 [7]. Terdapat berbagai metode ekstraksi minyak dari mikroalga yang dikembangkan saat ini, di antaranya maserasi, *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE), *Microwave Assisted Extraction* (MAE), *Osmotic Shock*, dan lain-lain. Prinsip ekstraksi minyak dari mikroalga *Spirulina* sp. melalui metode tersebut yaitu perusakan dinding sel mikroalga (*cell disruption method*). Hal ini sebab dinding sel mikroalga yang keras menghambat proses ekstraksi minyak yang terdapat di dalam sel. Komposisi senyawa kimia penyusun dinding sel mikroalga berupa 24-74% gula-gula netral, 1-24% *uronic acid*, 2-16% protein dan 0-15% glukosamin. Lapisan tipis air pada permukaan biomassa basah mencegah pelarut untuk mencapai bagian sel yang mengandung minyak, sehingga menyebabkan kurang efisien dalam proses ekstraksi minyak. Agar ekstraksi minyak dapat berlangsung efisien, maka perlu dilakukan penghancuran dinding sel mikroalga untuk membebaskan minyak yang terkandung di dalam sel agar terjadi kontak dengan pelarut. Proses perusakan dinding sel mikroalga tersebut tentunya melibatkan energi dan menghasilkan panas, dimana hal ini dapat memengaruhi kualitas minyak yang diperoleh. Mikroalga *Spirulina* juga mengandung 4-7% lipid atau lemak dan sebagian besar dalam bentuk asam lemak esensial. Setiap 10 g *Spirulina* mengandung 225 mg asam lemak esensial dalam bentuk linoleat dan *gamma linolenic acid* (GLA) [8]. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi antara metode ekstraksi *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE), serta mengetahui kualitas ekstrak minyak yang diperoleh dengan parameter kualitas minyak yakni bilangan Iod, kadar *free fatty acid* (FFA), dan bilangan peroksida.

## Metode Penelitian

### *Ekstraksi Minyak Mikroalga Spirulina sp.*

Untuk ekstraksi dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) mengacu pada [6] termodifikasi. Bahan baku yang digunakan adalah *Spirulina* sp. Sebanyak 100 g simplisia *Spirulina* sp. ditambahkan pelarut n-heksana dengan perbandingan 1:3 (b/w) di

dalam Erlenmeyer. Selanjutnya campuran tersebut dihomogenisasi dengan *shaker* selama 1 jam. Sampel *Spirulina* sp. hasil preparasi dimasukkan dalam *beaker glass* kemudian dimasukkan dalam *microwave* untuk diekstraksi dengan panjang gelombang 2450 MHz dan suhu 80°C selama 60 menit. Perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali ulangan. Setelah proses ekstraksi selesai, dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan hasil ekstraksi dan ampas yang dihasilkan. Hasil yang telah disaring kemudian didestilasi hingga kadar minyak dan pelarut n-Heksana terpisah. Selanjutnya dihitung persentase rendemen.

Untuk ekstraksi dengan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) mengacu pada [6] termodifikasi. Sampel *Spirulina* sp. dalam bentuk simplisia sebanyak 100 g dimasukkan dalam Erlenmeyer. Kemudian ditambahkan pelarut n-heksana dengan perbandingan 1:3 (b/w). Sampel dimasukkan ke dalam alat sonikator untuk dilakukan proses ekstraksi selama 45 menit dengan panjang gelombang 33 KHz pada suhu ruang. Spesifikasi sonikator yang digunakan adalah Branson 1510. Sampel setelah disonikasi dilanjutkan dengan maserasi selama 12 jam pada suhu 50°C. Setelah proses ekstraksi selesai, sampel disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali ulangan. Setelah proses sonikasi selesai, dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan hasil ekstraksi dan ampas yang dihasilkan. Hasil yang telah disaring kemudian didestilasi hingga kadar minyak dan pelarut n-Heksana terpisah. Selanjutnya dihitung persentase rendemen.

#### *Analisis Kualitas Minyak Mikroalga Spirulina sp.*

Kualitas minyak mikroalga dari *Spirulina* sp. dianalisis menggunakan beberapa parameter yakni bilangan Iod, kadar *free fatty acid* (FFA), dan bilangan peroksida. Ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. yang dianalisis kualitasnya menggunakan ekstrak yang diperoleh dari metode yang lebih efisien dilihat dari persentasenya.

#### Bilangan Iod [9]

Sebanyak 0,25 g ekstrak minyak dimasukkan ke dalam Erlenmeyer bertutup. Kloroform ditambahkan sebanyak 10 mL ke dalam Erlenmeyer tertutup untuk melarutkan ekstrak. Selanjutnya ditambahkan 10 mL larutan KI 15% dan setelah itu dihomogen. Sebanyak 100 mL air destilat ditambahkan ke dalam Erlenmeyer dan digunakan untuk membilas I<sub>2</sub> yang terdapat pada tutup Erlenmeyer. Ekstrak dititrasasi dengan larutan standar Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N sampai warna kuning larutan hampir hilang dan ditambahkan 2 tetes indikator pati sebelum titik akhir titrasi. Selanjutnya dititrasasi sampai warna biru menghilang. Bilangan Iod dalam sampel dihitung dengan rumus:

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 1000}{W}$$

#### Kadar Free Fatty Acid [9]

Ekstrak sebanyak 5,00 g dan 100 mL etanol 95% netral ditambahkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Setelah itu, ditambahkan 2 mL indikator *phenolphthalein* (PP) dan dihomogen. Kemudian dititrasasi menggunakan NaOH 0,1 N dan sampai warna merah muda permanen selama 30 detik. Kadar *free fatty acid* dihitung dengan rumus:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V \times N \times 40}{W}$$

$$\text{Free Fatty Acid} = \frac{V \times N \times M}{10 \times W}$$

### Bilangan Peroksida [9]

Sebanyak 0,25 g ekstrak dimasukkan dalam Erlenmeyer 250 mL. Pelarut CH<sub>3</sub>COOH-CHCl<sub>3</sub> sebanyak 30 mL ditambahkan ke dalam Erlenmeyer ekstrak dan setelah itu dikocok hingga larut. Kemudian ditambahkan 0,5 mL larutan KI jenuh ke dalam Erlenmeyer selama 1 menit dan sesekali sambil digoyang. Selanjutnya ditambahkan ke dalamnya air destilat 30 mL. Ekstrak dititrasikan dengan menggunakan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N secara perlahan sambil digoyang dengan kuat dengan kuat sampai warna kuning hampir hilang dengan 0,5 mL indikator pati 1%. Titrasikan diteruskan dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan digoyang dengan kuat. Titrasikan dihentikan saat warna biru menghilang. Titrasikan diulang dengan menggunakan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Bilangan peroksida dihitung dengan rumus:

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 1000}{W}$$

### *Analisis Statistika*

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan statistik ANOVA. Uji statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi.19.

## **Hasil dan Pembahasan**

### *Rendemen Ekstrak Minyak Mikroalga Spirulina sp.*

Ekstraksi minyak mikroalga dilakukan untuk mengetahui minyak yang terkandung pada mikroalga *Spirulina* sp. Penggunaan n-Heksana sebagai *solvent* karena merupakan pelarut kategori non polar yang tidak dapat bercampur dengan air sehingga kandungan air di sekeliling sel mikroalga *Spirulina* sp. tidak menghalangi terjadinya kontak antara *solvent* n-Heksana dengan sel mikroalga yang mengandung minyak. Kandungan air dalam suspensi mikroalga hasil pemanenan harus dihilangkan (*dewatering*) agar ekstraksi dengan pelarut dapat berjalan efisien, bahkan terkadang kerusakan sel merupakan proses yang diperlukan dalam memperoleh minyak sebagai bahan pembuatan minyak nabati.

Data hasil ekstraksi menunjukkan bahwa metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) memiliki persentase rendemen ekstrak minyak *Spirulina* sp. lebih tinggi daripada metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Rendemen ekstrak minyak *Spirulina* sp. yang diperoleh dengan menggunakan metode UAE selama 45 menit sebesar 2,15%, sedangkan dengan menggunakan metode MAE selama 60 menit sebesar 1,11%. Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan pengaruh dari perbedaan metode ekstraksi menunjukkan hasil berbeda nyata dimana *P-Value* < 0,05. Hal ini menjelaskan bahwa metode UAE lebih efisien dalam proses ekstraksi dengan persentase rendemen ekstrak minyak *Spirulina* sp. yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat.

Ekstraksi minyak dari mikroalga *Spirulina* sp. menggunakan metode UAE memberikan hasil rendemen yang lebih besar karena dapat bekerja dengan temperatur yang rendah sehingga meminimalisir terjadinya kerusakan kandungan minyak. Hal ini sebab minyak dapat teroksidasi apabila terjadi kontak dengan suhu tinggi. Ekstraksi menggunakan metode MAE dapat menghasilkan energi panas dan diduga hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan/oksidasi pada minyak yang dihasilkan sehingga

rendemen yang diperoleh dengan metode MAE lebih kecil. Kandungan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid*) dalam mikroalga mengalami oksidasi karena terjadi kontak dengan suhu tinggi yang dihasilkan dari proses MAE [10]. Senyawa aktif yang diekstraksi menggunakan metode UAE memiliki rendemen yang lebih besar daripada metode MAE [11,12]. Penelitian oleh Ranitha *et al.* [13] juga melaporkan bahwa metode MAE dapat menginduksi terjadinya degradasi termal dan hidrolisis terhadap ekstrak minyak yang dihasilkan, sehingga menurunkan %yield. Ekstraksi senyawa tertentu termasuk lipid/minyak menggunakan gelombang ultrasonik menyebabkan terjadinya pemecahan sel-sel mikroalga (*cell disruption*), sehingga kandungan minyak yang terdapat di dalam mikroalga keluar dan larut dalam *solvent*. Proses tersebut yang menyebabkan ekstraksi mikroalga berlangsung lebih singkat dengan menggunakan metode ekstraksi UAE dibandingkan dengan metode MAE [14].

Ekstraksi minyak dari mikroalga *Spirulina* sp. menggunakan metode sonikasi lebih efisien dalam pemecahan dinding sel mikroalga untuk memperoleh ekstrak minyak. Karena metode UAE membutuhkan waktu yang relatif singkat, sehingga mengurangi penggunaan pelarut n-Heksana dalam jumlah berlebih [15,16]. Penelitian lain juga melaporkan bahwa ekstraksi lipid dari mikroalga *Spirulina platensis* dengan metode sonikasi lebih efisien dimana rendemen yang diperoleh sebesar 1,61% dengan waktu ekstraksi selama 25 menit [17]. Penelitian oleh Pramono *et al.* [18] melaporkan bahwa metode UAE dapat meningkatkan efisiensi waktu proses ekstraksi dan %yield minyak mikroalga. Komponen pada dinding sel mikroalga *Spirulina* sp. serupa dengan komponen pada bakteri Gram positif yakni terdiri atas senyawa glukosamin dan *muramic acid* yang berasosiasi dengan peptida. Walaupun sulit untuk dicerna, dinding sel mikroalga *Spirulina* sp. agak rapuh sehingga kandungan di dalam sel mudah diakses oleh pelarut n-Heksana dengan bantuan gelombang ultrasonik. Hal ini merupakan keuntungan utama jika dibandingkan dengan organisme-organisme ber dinding selulosa, seperti ragi dan *Chlorella* sp. [19].

Proses ekstraksi senyawa bioaktif dengan bantuan gelombang ultrasonik dapat berlangsung sangat singkat dengan adanya energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode konvensional, serta dapat dioperasikan pada suhu yang lebih rendah [20]. Proses sonikasi dimulai dari pembentukan gelombang ultrasonik oleh sumber getaran yang merambat dalam bentuk gelombang mekanik longitudinal dalam medium pelarut. Medium pelarut yang dirambati gelombang ultrasonik akan mengalami perapatan pada saat tekanan gelombang tinggi dan akan merenggang pada saat tekanan gelombang rendah diikuti pembentukan gelembung kavitas yang semakin lama semakin membesar sampai akhirnya pecah [21]. Ekstraksi dengan metode sonikasi juga dapat mempercepat waktu ekstraksi mikroalga karena proses ekstraksi yang dibantu oleh getaran ultrasonik dapat menghasilkan energi besar yang menumbuk dinding sel mikroalga yang diekstrak. Tumbukan menyebabkan terbukanya pori-pori sehingga memudahkan larutnya komponen yang terdapat pada mikroalga ke dalam pelarut akibat dari proses difusi [22].

#### *Kualitas Ekstrak Minyak Mikroalga Spirulina sp.*

Analisis kualitas ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. berupa bilangan Iod, kadar FFA dan bilangan peroksida menggunakan ekstrak dari metode yang lebih efisien yaitu metode UAE.

### Bilangan Iod

Hasil penelitian ini menunjukkan bilangan Iod dari ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. dengan metode UAE sebesar 116,19 g I<sub>2</sub>/g. Nilai ini menunjukkan ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. masih memenuhi SNI, dimana bilangan Iod maksimum yang ditolerir untuk minyak nabati sebagai *edible oil* sebesar 155 g I<sub>2</sub>/g. Bilangan Iod hasil penelitian ini dapat menggambarkan bahwa jumlah bilangan Iod yang terikat dengan ikatan rangkap sedikit, sehingga derajat ketidakjenuhan dari asam lemak atau campuran asam lemak rendah.

Bilangan Iod merupakan jumlah gram Iod yang dapat mengadisi 100 g minyak. Semakin tinggi bilangan Iod, maka semakin banyak ikatan rangkap yang dapat diadisi dan semakin tinggi derajat ketidakjenuhannya. Asam lemak yang tidak jenuh dalam minyak dan lemak mampu menyerap sejumlah Iod dan membentuk senyawa yang jenuh. Besarnya jumlah Iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh [23].

Semakin tinggi bilangan Iod maka akan terjadi penurunan stabilitas oksidasi yang menyebabkan rendahnya kualitas produk minyak sebagai *edible oil*. Bilangan Iod memiliki korelasi dengan viskositas kinematik dan bilangan setana. Penurunan nilai dari dua parameter menyebabkan meningkatnya ketidakjenuhan minyak [24]. Proses hidrogenasi minyak dan lemak akan merubah asam lemak tidak jenuh seperti asam oleat, linoleat dan linolenat menjadi asam stearat (asam lemak jenuh) sehingga titik leleh produk terhidrogenasi menjadi lebih tinggi [25].

### Kadar Free Fatty Acid (FFA)

Kadar FFA ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. dengan metode UAE sebesar 0,05%. Standar asam lemak bebas yang dapat ditolerir dalam minyak sebagai *edible oil* sebesar 5% [26]. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. masih dalam kategori aman untuk dikembangkan pemanfaatannya dalam industri pangan.

Bilangan asam menunjukkan jumlah *free fatty acid* (FFA)/asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak. Asam lemak bebas terbentuk karena adanya proses hidrolisis lemak oleh air dengan katalis enzim/panas pada ikatan ester trigliserida. Adanya asam lemak bebas dapat dijadikan sebagai parameter awal kerusakan minyak akibat reaksi hidrolisis. Hal ini juga dapat menyebabkan kerusakan oksidatif lemak karena asam lemak bebas lebih mudah teroksidasi jika dibandingkan dalam bentuk esternya [27].

Kadar FFA yang tinggi menunjukkan kualitas minyak yang rendah. Hal ini didasarkan pada kandungan asam lemak bebas (asam palmitat) dalam minyak. Asam palmitat merupakan golongan asam lemak jenuh. Asam lemak jenuh sendiri merupakan rangkaian poligliserol yang terangkai dan hanya memiliki ikatan tunggal dan berantai panjang. Hal ini menjadi penyebab adanya tingkat kejenuhan pada asam lemak jenuh. Apabila kadar asam lemak jenuh terlalu berlebihan, akan terjadi pengendapan dalam darah dan tubuh manusia yang dapat menyebabkan obesitas hingga penyakit jantung [28].

## Bilangan Peroksida

Pada penelitian ini diperoleh bilangan peroksida dari ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. sebesar 1,75 meq O<sub>2</sub>/g. Nilai ini menunjukkan ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. masih memenuhi SNI, dimana bilangan peroksida maksimum yang ditolerir untuk minyak nabati sebagai *edible oil* sebesar  $\leq 5$  meq O<sub>2</sub>/g [29]. Bilangan peroksida menunjukkan jumlah senyawa peroksida yang terbentuk di dalam minyak yang dinyatakan sebagai miliequivalen oksigen aktif yang terdapat dalam 1 g minyak. Senyawa peroksida terbentuk karena adanya reaksi oksidasi lemak, terutama lemak yang mengandung asam lemak tidak jenuh. Radikal bebas yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi (tahap inisiasi) dapat bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan senyawa peroksida. Oleh karena itu, keberadaan senyawa peroksida dijadikan indikator kerusakan lemak yang disebabkan proses oksidasi. Semakin tinggi bilangan peroksida menunjukkan bahwa jumlah peroksida semakin banyak dan dapat diduga bahwa tingkat reaksi oksidasi semakin tinggi [30].

Minyak mikroalga mengandung asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dalam jumlah besar dan nilai peroksida maksimum dapat dicapai selama tahap awal oksidasi karena ketidakstabilan dan dekomposisi cepat hidroperoksida (produk oksidasi primer) menjadi produk oksidasi sekunder. Oleh karena itu, walaupun ekstrak minyak mikroalga memiliki nilai peroksida yang rendah, dapat juga dalam keadaan teroksidasi. Ada beberapa faktor antara lain komposisi kelas lipid, konsentrasi oksigen, cahaya dan keberadaan antioksidan yang mempengaruhi pembentukan hidroperoksida dan degradasi menjadi produk oksidasi sekunder [31].

Hidroperoksida yang terbentuk dari asam lemak tak jenuh ganda (n-3) terurai lebih cepat daripada hidroperoksida yang terbentuk dari asam lemak dengan derajat kejenuhan yang lebih rendah. Di bawah pemanasan dan dengan adanya logam, hidroperoksida terurai dengan cepat membentuk senyawa aldehida, keton, asam, ester, alkohol, dan hidrokarbon berantai pendek. Oleh karena itu, meskipun ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. memiliki nilai peroksida yang rendah, minyak mikroalga tidak dijamin merupakan minyak mikroalga berkualitas tinggi karena mungkin juga dalam keadaan teroksidasi. Hidroperoksida ini merupakan produk oksidasi primer yang tidak memengaruhi rasa minyak [32]. Selama perlakuan panas, protein yang mengandung zat besi (mioglobin) mengalami perubahan sifat dan zat besi dilepaskan. Protein yang mengandung zat besi ini berinteraksi dengan membran lipid dan menginduksi terjadinya oksidasi lipid.

## **Kesimpulan**

Metode ekstraksi UAE lebih efisien daripada MAE dengan nilai rendemen sebesar 2,15%. Kualitas minyak mikroalga *Spirulina* sp. dengan metode UAE yakni bilangan Iod 116,19 g I<sub>2</sub>/g, kadar *free fatty acid* 0,05%, dan bilangan peroksida 1,75 meq O<sub>2</sub>/g. Ekstrak minyak mikroalga *Spirulina* sp. memenuhi standar sebagai minyak nabati untuk dikembangkan sebagai *edible oil*.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Kaltsum U dan Firdausi K S 2016 Pengukuran sifat polarisasi berbagai jenis minyak nabati menggunakan lampu IR dan laser He-Ne *Jurnal MIPA Universitas Diponegoro*. 39(2) 123-127

- [2] Vaisali C, Charanyaa S, Belur P D, and Regupathi I 2015 Review: Refining of edible oils: a critical appraisal of current and potential technologies *International Journal of Food Science and Technology*. 50 13–23
- [3] Amini S, Sugiyono dan Saadudin E 2011 Kandungan minyak *Botryococcus braunii* *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina platensis* pada umur yang berbeda *Jurnal Pasapenen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 6(1) 39-43
- [4] Almatsier S 2010 *Prinsip Dasar Ilmu Gizi* (Jakarta: Gramedia Pustaka Utama)
- [5] Mayes P A 2003 *Lipid yang Memiliki Makna Fisiologis Dalam Murray R K, Granner D K, Mayes P A, Rodwell V W* Ed.: Biokimia Harper Edisi 25 (Jakarta: EGC) hal 148-159
- [6] Barqi W 2015. Pengambilan minyak mikroalga *Chlorella* sp. dengan metode *microwave assisted extraction* *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(1) 34-41
- [7] Kawaroe 2010 Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar (Bandung: ITB Press)
- [8] Henrikson R 2009 *Earth Food Spirulina*. Ed.: Ke-6 (Hawaii: Ronore Interprise, Inc.) hal 37
- [9] Association of Official Analytical Chemists 2002 AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *JAOAC Int*. 85: 1-5
- [10] Chimsook T and Wannalangka W 2015 Effect of microwave pretreatment on extraction yield and quality of catfish oil in Northern Thailand. *MATEC Web of Conferences*. 35 1–5.
- [11] Barba F J, Zhu Z, Koubaa M, Sant'Ana A S, and Orlie V 2016 *Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products* *Trends Food Sci Technol*. 49 (33) 96-109
- [12] Chemat F, Rombaut N, Sicaire A G, Meullemiestre A, Fabiano-Tixier A S, and Abert-Vian M 2017 Ultrasound assisted extraction of food and natural products mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications *Ultrason Sonochem*. 34 540-560.
- [13] Ranitha M, Nour A H, Sulaiman Z A, Nour A H, and Thana R S 2017 A comparative study of lemongrass (*Cymbopogon Citratus*) essential oil extracted by microwave-assisted hydrodistillation (MAHD) and conventional hydrodistillation (HD) method *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 5(2) 104-108
- [14] Jovanović A A, Đorđević V B, Zdunić G M, Pljevljakušić D S, Šavikin K P, Gođevac D M, and Bugarski B M 2017 Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum* L. herb using maceration, heat- and ultrasound-assisted techniques *Sep Purif Technol*. 179 369-380
- [15] Suarsini E and Subandi 2012 The use of ultrasonic to increase the efficiency of oil extraction for microalgae indigenous isolates from pond Gresik East Java *International Journal of Renewable Energy Resources*. 2 69-73
- [16] Ivanovs K and Blumberga D 2017 Extraction of fish oil using green extraction methods *Energy Procedia*. 128 477-483
- [17] Melanie S dan Fithriani D 2015 Rendemen minyak dari mikroalga *Spirulina* sp. dan *Chlorella* sp. dengan teknik pemecahan dinding sel *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*
- [18] Pramono I A, Haryadi W, dan Raharjo T J 2018 Optimasi ekstraksi lipid dari *Spirulina platensis* menggunakan tekanan osmotik dengan bantuan gelombang ultrasonik dan produksi metil esternya secara enzimatis *Berkala MIPA*. 25(2) 116-128
- [19] Falquet J and Hurni J P 2006 *The Nutritional Aspects of Spirulina* (Switzerland: Antenna Technologies) pp 25
- [20] Chemat F, Zill E H, and Khan M K 2011 Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction *Ultrason Sonochem*. 18: 813-835
- [21] Cintas P and Cravotto G 2005 Power ultrasound in organic synthesis: Moving cavitation chemistry from academia to innovative and large-scale applications *The Royal Society Journal of Chemistry*. 5: 188-196

- [22] Promila Y, Varma A K, and Mondal P 2014 Production of biodiesel from algal biomass collected from solani river using ultrasonic technique *International Journal of Renewable Energy Research*. 4(3)
- [23] Nielsen S S 2003 *Food Analysis 3rd ed* (New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers)
- [24] Mittelbach M and Remschmidt C 2006 *Biodiesel: The Comprehensive Handbook* (Austria:Boersedruck Ges.M.B.H.)
- [25] Hasibuan H A dan Siahaan D 2010 Proses rafinasi minyak inti sawit mentah terhidrogenasi dalam produksi *Cocoa Butter Substitute Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 18(2) 55-64
- [26] Bimbo 1998 Guidelines for characterizing food grade fish oil International Fish meal and Oil Manufacturers Association *Research report*. 9 473-483.
- [27] Kusnandar F 2010 *Kimia Pangan Komponen Makro* (Jakarta: Dian Rakyat)
- [28] Noriko N, Elfidasari D, Perdana A T, Wulandari N, dan Wijayanti W 2012 Analisis penggunaan dan syarat mutu minyak goreng pada penjaja makanan di *food court* UAI *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*. 1(3) 147-154
- [29] FAO/WHO 2013 Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Fats and Oils Proposed Draft Standard for Fish Oils (Malaysia: Twenty third session, Langkawi)
- [30] Latheef M B 2012 *Pulsed Ultrasound-Assisted Solvent Extraction of Oil from Soybeans and Microalgae* (Montreal: Department of Bioresource Engineering)
- [31] Sullivan J C and Budge S M 2010 Monitoring fish oil volatiles to assess the quality of fish oil *Lipid Technology*. 22 230-232
- [32] Kulås E and Ackman R G 2001 Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil *J Agric Food Chem*. 49 1724-1729

