

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia mempunyai sumber daya alam hayati yang sangat banyak dan beragam. Untuk mengatasi kelangkaan minyak di dunia maka telah di pelajari penelitian mengenai ekstraksi minyak yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Biodiesel adalah salah satu bahan bakar terbarukan yang berasal dari minyak nabati maupun hewani yang digunakan sebagai pengganti *petroleum diesel*. Diantara keanekaragaman hayati yang sangat banyak dan beragam itu terdapat bahan alam lainnya yang berpotensi menjadi bahan pembuatan biodiesel, salah satu sumber alam yang berpotensi adalah mikroalga.

Mikroalga merupakan organisme *autotrof* yang tumbuh melalui proses fotosintesis. Struktur uniseluler mikroalga memungkinkan mengubah energi matahari menjadi energi kimia dengan mudah. Mikroalga dapat tumbuh dimana saja, baik di ekosistem perairan maupun di ekosistem darat (Soegiharto *et al.*, 2014). Keuntungan lain dari mikroalga adalah pertumbuhan yang cepat dan produktivitas yang tinggi. Mikroalga dapat menghasilkan biomassa 50 kali lebih besar dibandingkan tumbuhan yang lebih tinggi lainnya . Diperkirakan mikroalga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan penghasil minyak (kelapa sawit, jarak pagar) pada kondisi terbaiknya (Rachmaniah *et al.*, 2010).

Kelebihan dari mikroalga yaitu memiliki kandungan lipid yang tinggi, tingkat pertumbuhan yang cepat dan dapat menghasilkan minyak 10 hingga 20 kali lebih banyak daripada tanaman yang lain. Mikroalga juga tidak bersaing dengan tanaman pangan lainnya sehingga mikroalga menjadi bahan baku tanaman alternatif yang lebih populer. Mikroalga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik, sehingga dapat bersaing dalam seluruh siklus pertumbuhan setiap beberapa hari. Salah satu mikroalga adalah *Nannochloropsis sp.* mempunyai kandungan lipid 31 hingga 68% berat kering biomassa.

Pemilihan *Nannochloropsis sp.* sebagai bahan baku penelitian ini karena *Nannochloropsis sp.* adalah mikroalga yang telah banyak dibudidayakan dan kaya akan manfaat, terutama dalam hal kesehatan. Nutrisi yang terkandung didalamnya

termasuk protein; karbohidrat; lemak; beberapa mineral seperti: Kalsium, Kalium, Natrium, Magnesium, Seng, Besi, Mangan, Tembaga, Nikel, dan Kobalt; serat; dan vitamin seperti totrienol. Beberapa pigmen bermanfaat juga terkandung didalam mikroalga ini.

Ekstraksi minyak dari *microalgae* secara umum masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional seperti *Soxhletasi*. Namun metode konvensional tersebut memerlukan waktu yang relatif lama dan membutuhkan energi panas yang berlebih. Proses *Soxhletasi* dibutuhkan waktu selama 6 – 8 jam dengan suhu  $\pm 80$  °C (Kumalasari *et al.*, 2014). Dari kelemahan menggunakan metode konvensional tersebut, maka diperlukan teknis ekstraksi minyak mikroalga dengan metode yang lebih optimal, memiliki waktu ekstraksi yang relatif singkat dan dapat mengurangi penggunaan pelarut organik yaitu dengan *Ultrasound and Microwaved-Assisted Extraction* (UMAE).

Pada penelitian ini digunakan metode *Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction* (UMAE) untuk mengekstraksi minyak dari mikroalga karena memiliki kelebihan diantaranya adalah waktu ekstraksi dan kebutuhan pelarut yang relatif rendah. Metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE) merupakan gabungan proses ekstraksi antara *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dengan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Menurut Boukroufa (2015) metode ekstraksi ini dapat memperpendek waktu proses ekstraksi, serta dapat mengeluarkan minyak lebih banyak tanpa merusak struktur bahan dan mendapatkan kemurnian yang cukup tinggi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian menggunakan mikroalga *Nannochloropsis sp* sebagai bahan yang akan diekstraksi. Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan saat pengambilan minyak mikroalga, yaitu pengaruh daya *microwave* dan waktu yang dibutuhkan selama proses ekstraksi terhadap rendemen minyak mikroalga yang dihasilkan dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui rendemen minyak yang dihasilkan dari mikroalga *Nannochloropsis sp* dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction*.
2. Mengetahui pengaruh daya *microwave* dan waktu ekstraksi yang terbaik terhadap rendemen minyak mikroalga yang dihasilkan dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
3. Mengetahui karakteristik minyak mikroalga *Nannochloropsis sp*.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Mikroalga merupakan salah satu sumberdaya alam hayati perairan yang tergolong organisme berkloroplas yang dapat menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis. Secara ekologi mikroalga berfungsi sebagai sumber makanan dan produsen primer dilautan. Mikroalga juga dikenal sebagai salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan sebagai bahan baku penghasil energi terbarukan (Doyle, 2011).

Mikroalga merupakan bahan baku biomassa yang juga potensial untuk diolah menjadi minyak dengan beberapa jenis seperti *Chlorella sp* dan *Nannochloropsis sp*, dikarenakan memiliki jumlah yang melimpah dan pemanfaatannya masih belum masif. Dalam hal ini untuk memperoleh minyak dari Mikroalga tersebut digunakan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE) yang dapat mengekstrak minyak untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan dan bahan baku untuk produksi suplemen.

Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE), dimana metode tersebut merupakan gabungan proses ekstraksi antara *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dengan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Sampel yang akan di ekstraksi disonikasi terlebih dahulu dengan frekuensi ultrasonik sebesar 40 KHz selama 45 menit (Hadiyanto, 2016), kemudian dilanjutkan dengan proses ekstraksi dengan bantuan radiasi *microwave* yang menggunakan daya *microwave* (45 dan 135 W) dengan waktu selama (30, 60, dan 90). Selanjutnya sampel di saring dan diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* sehingga didapatkan minyak dari

mikroalga *Nannochloropsis sp.* Menurut Boukroufa (2015) metode ekstraksi ini dapat memperpendek waktu proses ekstraksi. Proses pemanasan menggunakan *microwave* pemanasan tersebut tepat di inti bahan yang sedang dipanaskan dan panas menyebar dari dalam ke luar bahan tersebut. Prinsip metode ekstraksi *microwave* ini didasarkan pada efek langsung gelombang mikro pada molekul material dan transformasi energi elektromagnetik menjadi energi panas terjadi oleh dua mekanisme, yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol baik dalam pelarut dan sampel sehingga proses tersebut dapat meningkatkan rendemen (Zahar *et al.*, 2021), serta dapat menghasilkan minyak lebih banyak tanpa merusak struktur bahan dan mendapatkan kemurnian yang cukup tinggi.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan rendemen minyak mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang terbaik dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
2. Mendapatkan daya *microwave* dan lama waktu ekstraksi mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang terbaik untuk menghasilkan rendemen tertinggi dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
3. Mendapatkan sifat fisik dari minyak Mikroalga *Nannochloropsis sp.* antara lain tampilan warna, densitas, bilangan asam dan bilangan penyabunan.

#### **1.5 Kontribusi**

Adapun kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan pemanfaatan sumber daya hayati yaitu Mikroalga yang berjenis *Nannochloropsis sp.* dengan cara mengekstrak minyaknya untuk menjadi bahan bakar / energi terbarukan. Minyak dari ekstrak Mikroalga *Nannochloropsis sp.* dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil yaitu diproses untuk dijadikan bahan bakar biodiesel dan bahan baku untuk produksi suplemen karena kandungan proteinnya yang tinggi dengan asam amino esensial yang seimbang. Bagi masyarakat diharapkan dapat menjadi sumber referensi, sumber informasi dan bahan bacaan dalam ekstraksi minyak dari mikroalga serta diharapkan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan praktikum.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikroalga

Mikroalga mempunyai prospek yang bagus karena biomassa mikroalga adalah salah satu sumber energi yang baik. Hal tersebut dikarenakan untuk pertumbuhannya, mikroalga memanfaatkan CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui fotosintesa, yang mana dapat mengurangi CO<sub>2</sub> di atmosfer akibat dari pembakaran bahan bakar fosil, sehingga dapat mengurangi efek rumah kaca akibat dari pemanasan global dan perubahan iklim. Dari berbagai biomassa, alga memiliki efisiensi fotosintesa lebih besar dibandingkan biomassa lainnya (Cheng, *et al.*, 2014). Kandungan minyak mikroalga mencapai 70%. Pada kondisi keterbatasan nutrisi, total lemak mikroalga bisa mencapai 40% dan mampu memproduksi minyak 7 sampai 31 kali lebih besar dari minyak palm (Hossain, *et al.*, 2011). Selain itu, mikroalga juga memiliki jumlah biomassa yang besar, pertumbuhan yang lebih cepat, tidak bersaing dengan produksi makanan dan dengan demikian dapat menggunakan air daur ulang dapat menghemat sumber daya air (*water recycling*). Sistem Mikroalga juga menggunakan lebih sedikit air dibandingkan dengan sumber minyak konvensional lainnya. Jadi mikroalga mampu menghasilkan lebih banyak minyak per satuan luas, dibandingkan dengan komoditas minyak bumi lainnya.

Mikroalga ini dapat berkembang di area pesisir Indonesia seperti Pantai Pangandaran, Kepulauan Seribu, Bali, Pulau Samarinda, Pulau Telang, Teluk Lampung maupun daerah lainnya. Mikroalga yang banyak ditemukan berasal dari kelas *Bacillariophyceae* (Diatom), *Chrysophyceae* (alga coklat keemasan), *Nannochloropsis* (alga hijau), *Cyanophyceae* (alga biru hijau). Berdasarkan spesiesnya di perairan Indonesia, ada berbagai macam bentuk dan ukuran mikroalga serta kandungan lipid yang dihasilkannya.

Tabel 1. Hasil Produksi Minyak Berbagai Tanaman

Jenis Tanaman	Minyak dalam (liter/hektar)
Jarak	1.413
Safflower ( <i>Chartamustinctorius</i> )	779
Palm	5.950
Kedelai	446
Kelapa	2.689
Mikroalga	100.000

Sumber: Kristanti, 2012

Kandungan minyak dalam mikroalga biasanya berbentuk gliserol dan asam lemak dengan panjang rantai C<sub>14</sub> sampai C<sub>22</sub> (Kawaroe *et al.*, 2012). Akumulasi minyak dalam mikroalga mempunyai kecenderungan untuk meningkat jika organisme tersebut mengalami tekanan. Selain itu, kandungan minyak yang terdapat di dalamnya sangat bervariasi tergantung dari kondisi lingkungan tempat tumbuhnya mikroalga tersebut (Kawaroe *et al.*, 2012). Proses pengambilan minyak dari mikroalga merupakan langkah yang menentukan dalam upaya peningkatan hasil minyak nabati yang dapat diperoleh dari mikroalga sehingga perlu suatu upaya untuk memaksimalkan minyak yang dapat terambil dalam suatu proses ekstraksi (Purwanti, 2014).

Tabel 2. Kandungan Minyak (Lipid) dari Beberapa Jenis Mikroalga

Mikroalga	Kandungan Minyak (%)
<i>Chlorella vulgaris</i>	32-56
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca sp.</i>	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis sp.</i>	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	20
<i>Nannochloris sp.</i>	20-35
<i>Nannochloropsis sp.</i>	37-60
<i>Neochloropsis oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia sp.</i>	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium sp.</i>	50-77

Sumber: Ma, 2016

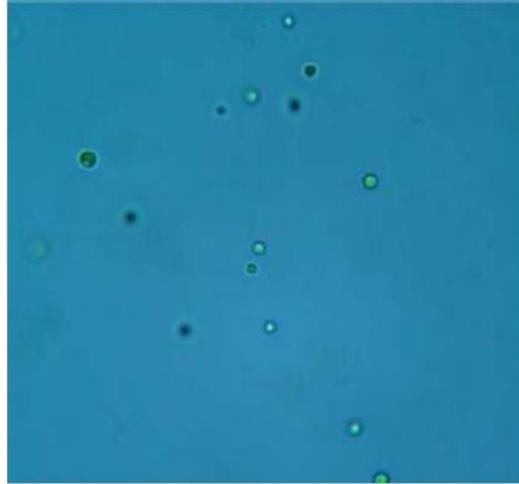
## 2.2 Klasifikasi *Nannochloropsis sp.*

*Nannochloropsis sp.* adalah mikroalga hijau termasuk organisme uniseluler, biasanya banyak ditemukan di perairan laut dan perairan tawar. Morfologi *Nannochloropsis sp.* ditandai dengan sel-sel yang berbentuk bola atau bulat telur dengan diameter 2-5 µm dan tidak memiliki klorofil-b (Sukarni *et al.*, 2014).

Mikroalga yang digunakan sebagai bahan aktif pada penelitian ini adalah dari jenis *Nannochloropsis sp.* seperti disajikan pada Gambar 1, Klasifikasi *Nannochloropsis sp.* menurut Chernyavskaya (2014) adalah sebagai berikut:

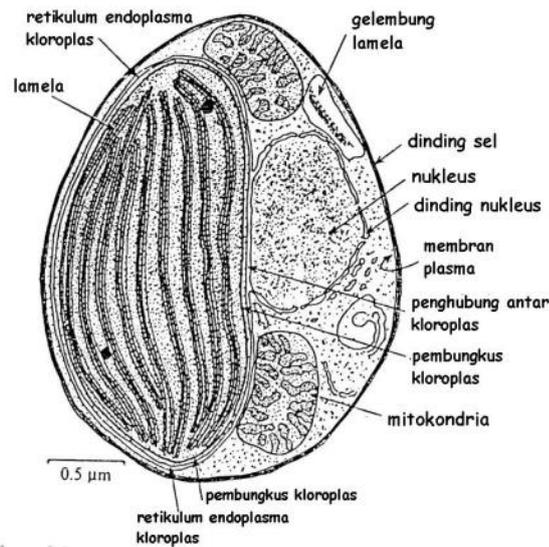
Kingdom	: <i>Chromalveolata</i>
Filum	: <i>Heterokontophyta</i>
Kelas	: <i>Eustigmatophyceae</i>
Ordo	: <i>Eustigmataceae</i>

Genus : *Nannochloropsis*  
Spesies : *Nannochloropsis sp.*



Gambar 1. *Nannochloropsis sp.* dengan zoom 40x  
Sumber: Sukarni *et al.*, 2014

Fitoplankton ini berukuran 2-5 mikron, berwarna hijau dan memiliki dua flagella (*Heterokontous*) yang salah satu flagela berambut tipis. *Nannochloropsis sp.* memiliki kloroplas dan nucleus yang dilapisi membran. Kloroplas memiliki stigma (bintik mata) yang bersifat sensitif terhadap cahaya. *Nannochloropsis sp.* dapat berfotosintesis karena memiliki klorofil. Ciri khas dari *Nannochloropsis sp.* adalah memiliki dinding sel yang terbuat dari komponen selulosa. *Nannochloropsis sp.* bersifat kosmopolit dapat tumbuh pada salinitas 0-35 ppt. Salinitas optimum untuk pertumbuhannya adalah 25-35 ppt, suhu 25-30 °C merupakan kisaran suhu yang optimal. Fitoplankton ini dapat tumbuh baik pada kisaran pH 8-9,5 dan intensitas cahaya 100-10000 lux. *Nannochloropsis sp.* lebih dikenal dengan nama *Chlorella* laut dikultur untuk pakan *Branchionus plicatilis* atau Rotifer karena mengandung Vitamin B12 dan *Eicosapentaenoic Acid* (EPA) sebesar 30,5 % dan total kandungan omega 3 HUFAs sebesar 42,7%, serta mengandung protein sebesar 57,02 %.



Gambar 2. Morfologi Sel *Nannochloropsis sp.*  
Sumber: Adehoog *et al.*, 2001

*Nannochloropsis sp.* memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi yakni sebesar 12–53% berat kering biomassa, tetapi jika di bawah kondisi stress jenis fitoplankton ini hampir mencapai kandungan lemak 90% dari berat keringnya (Kwangdinata *et al.*, 2014).

*Nannochloropsis sp.* merupakan jenis mikroalga yang mempunyai ciri – ciri berwarna kehijauan, dan tidak motil. Sel *Nannochloropsis sp.* berbentuk bola (bulat kecil), berukuran 2-5 mikron, dan memiliki kandungan minyak yang tinggi dari massa tubuhnya (Fachrullah, 2011).

### 2.3 Komposisi Kimia Mikroalga

Komposisi kimia dari semua jenis alga umumnya terdiri dari karbohidrat, protein, lipid atau lemak, dan asam nukleat. Perbedaan presentase pada keempat komponen tersebut bergantung pada jenis alga. *Nannochloropsis sp.* memiliki kandungan karbohidrat, protein, dan lemak yang tersusun atas *Eeicosa Pentaenoic Acid* (EPA) dan *Dokosa Heksaenoat Acid* (DHA) (Sofi'i *et al.*, 2019). Berikut Tabel kandungan yang terdapat pada Mikroalga *Nannochloropsis sp.* :

Tabel 3. Kandungan Mikroalga *Nannochloropsis sp.* (%)

Kandungan	Komposisi (%)
Karbohidrat	16,00
Protein	52,11
Lemak	27,64

Sumber: Erlania *et al.*, 2010

Tabel 4. Kandungan Asam Lemak pada Mikroalga *Nannochloropsis sp.* (%)

Asam lemak	Komposisi (%)
<i>Isovaleric acid</i>	0,56
<i>Hexanoic acid</i>	0,84
<i>Octanoic acid</i>	1,25
<i>Decanoic acid</i>	1,30
<i>Dodecanoic acid</i>	0,54
<i>Myristic acid</i>	2,51
<i>Palmitoleic acid</i>	5,16
<i>Palmitic acid</i>	3,24
<i>Heptadecanoic acid</i>	1,39
<i>Stearidonic acid</i>	5,09
<i>Linolenic acid</i>	8,02
<i>Oleic acid</i>	3,78
<i>Octadecanoic acid</i>	2,37
<i>Nonadecanoic acid</i>	1,55

Sumber: Sofi'I *et al.*, 2019

## 2.4 Metode Ekstraksi Konvensional

### 2.4.1 Maserasi

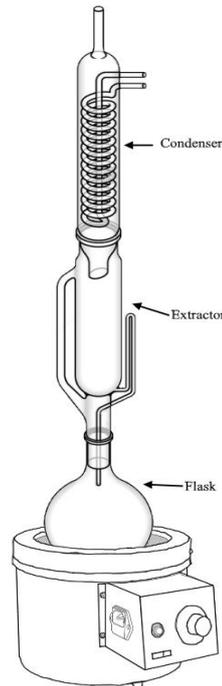
Maserasi merupakan metode ekstraksi sederhana yang banyak digunakan, metode ini digunakan untuk skala kecil maupun besar. Maserasi dilakukan dengan memasukan simplisia serbuk dan pelarut tertentu ke dalam wadah inert dan tertutup rapat pada suhu kamar, proses ini dihentikan sampai tercapai keseimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman, selanjutnya pelarut dipisahkan dengan sampel (Mukhriani, 2016).

Metode ini memiliki kekurangan dan kelebihan dalam ekstraksi, kekurangan metode ini adalah membutuhkan banyak waktu, pelarut yang dibutuhkan cukup banyak, serta kemungkinan beberapa senyawa sulit di ekstraksi pada suhu kamar. Sedangkan keuntungan dari metode ini adalah dapat digunakan pada senyawa yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2016).

### 2.4.2 Soxhletasi

Metode ini serbuk simplisia ditempatkan didalam kertas saring yang di bungkus lalu diletakkan di dalam tabung yang ditempatkan di atas labu dan di bawah kondensor. Pelarut dimasukkan ke dalam labu, serta suhu penangas diatur di bawah suhu reflux. Prinsip kerja dari metode ini yaitu penyaringan dilakukan berulang-ulang untuk menghasilkan filter yang lebih sempurna dan menggunakan

pelarut yang lebih sedikit. Apabila penyaringan telah selesai, selanjutnya pelarut diuapkan sehingga ekstrak kental didapatkan (Mukhriani, 2016).



Gambar 3. Skema Proses Ekstraksi Soxhlet  
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Metode ini memiliki keuntungan yaitu proses ekstraksinya dilakukan secara kontinyu dan tidak membutuhkan banyak pelarut. Sedangkan kerugian dari metode ini yaitu tidak dapat digunakan untuk ekstraksi senyawa yang bersifat termolabil karena dapat terdegradasi (Mukhriani, 2016).

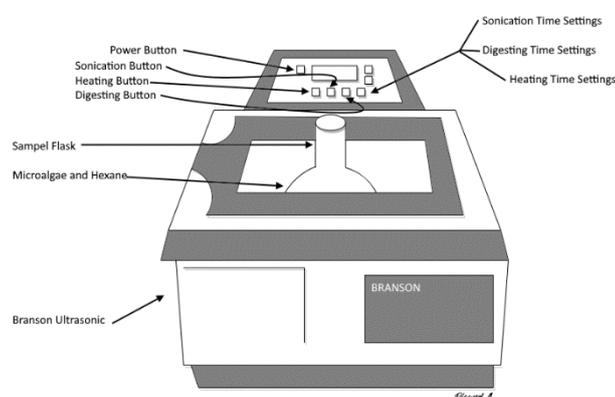
### 2.4.3 Perkolasi

Metode ini serbuk simplisia dimasukkan dalam sebuah perkolator yaitu wadah silinder yang dilengkapi dengan keran pada bagian bawah, kemudian pelarut dimasukkan pada bagian atas serbuk lalu dibiarkan menetes perlahan pada bagian bawah. Kelebihan dari metode ini yaitu sampel dialiri pelarut baru terus-menerus sampai terjadinya kejenuhan. Namun metode ini memiliki kekurangan yaitu jika sampel dalam perkolator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau semua area sehingga membutuhkan banyak pelarut dan waktu (Mukhriani, 2016).

## 2.5 Metode Ekstraksi Modern

### 2.5.1 *Ultrasound Assisted Extraction (UAE)*

Metode ini merupakan metode maserasi yang dimodifikasi dengan menggunakan bantuan *ultrasound* yaitu sinyal dengan frekuensi tinggi lebih dari 20 kHz. Proses ekstraksi ini sama dengan maserasi yaitu memasukan simplisia serbuk dalam wadah inert dan tertutup rapat, selanjutnya wadah ditempatkan pada wadah sonikasi hal ini untuk memberikan tekanan mekanik pada sel. Kerusakan pada sel mengakibatkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi (Mukhriani, 2016).



Gambar 4. Skema Proses *Ultrasound Assisted Extraction (UAE)*

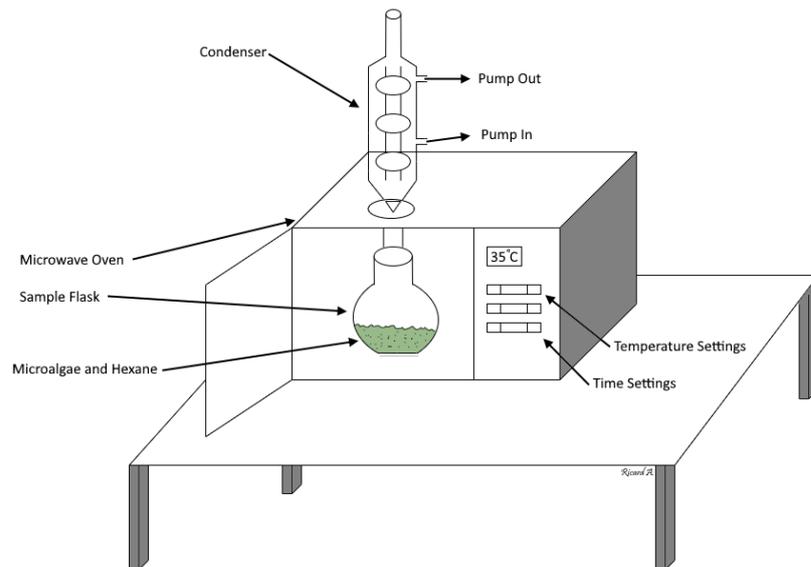
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Gelombang ultrasonik menyebabkan tegangan mekanik sehingga sampel menjadi partikel dengan ruang-ruang yang kecil dan gelombang ini juga menimbulkan efek kavitasi (dapat memecah dinding sel). Proses ekstraksi yang efisien juga bergantung pada frekuensi *sonicator*, seperti panjang gelombang, waktu dan temperatur dari ultrasonik. Metode ultrasonik memiliki keuntungan yaitu efisiensi lebih besar, waktu operasi lebih singkat, dan biasanya laju perpindahan masa lebih cepat jika dibandingkan dengan ekstraksi konvensional menggunakan soxhletasi.

### 2.5.2 *Microwave Assisted Extraction (MAE)*

*Microwave Assisted Extraction (MAE)* merupakan metode ekstraksi dengan bantuan gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi dengan rentang

frekuensi dari 0,3 hingga 300 GHz. Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) berbeda dengan metode ekstraksi secara konvensional. Pada metode ekstraksi konvensional, panas menembus perlahan dari luar ke dalam suatu bahan, sedangkan dalam metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE), pemanasan muncul tepat di inti bahan yang sedang dipanaskan dan panas menyebar dari dalam ke luar bahan tersebut (Zahar *et al.*, 2021).



Gambar 5. Skema Proses *Microwave Assisted Extraction* (MAE)  
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Prinsip metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) didasarkan efek langsung gelombang mikro pada molekul material. Transformasi energi elektromagnetik menjadi energi panas terjadi oleh dua mekanisme, yaitu ionik dan rotasi dipol, baik dalam pelarut dan sampel. Pada pengaplikasiannya, kedua mekanisme ini berlangsung secara bersamaan karena efektif mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas (Destandau, 2013) dalam jurnal (Zahar *et al.*, 2021).

Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan metode ekstraksi lainnya, yaitu waktu ekstraksi yang lebih singkat, menghasilkan rendemen yang lebih besar, penggunaan energi yang lebih kecil, dan lebih hemat biaya karena berkurangnya jumlah penggunaan pelarut (Zahar *et al.*, 2021).

### 2.5.3 Ohmic Heating (OH)

*Ohmic Heating* juga dikenal sebagai *electro-conductive heating*, pemanasan elektro, pemanasan langsung (*direct heating*), dan *Joule Heating*. Pemanasan *Ohmic* dapat dinyatakan sebagai proses dimana arus bolak-balik dilewatkan melalui sampel dan hambatan listrik sampel menghasilkan panas (Kutlu *et al.*, 2021). Pemanasan *Ohmic* lebih umum digunakan untuk membunuh suatu organisme dengan proses kerja melalui efek termal yang digunakan pada suatu material yang dapat mengalir.

Pemanasan *Ohmic* mendapatkan hasil ekstraksi yang tinggi dibandingkan dengan metode termal konvensional karena adanya medan listrik, bahkan dalam kondisi termal yang serupa (Aggarwal *et al.*, 2019). Pemanasan *Ohmic* telah dilakukan untuk mengekstraksi senyawa yang dibutuhkan dari pomace anggur merah, labu, kentang dan kacang kacangan kastanye (Li *et al.*, 2019), dan mikroalga (Sofi'i *et al.*, 2019).

## 2.6 Pelarut

### 2.6.1 Pelarut n-Heksana

Pelarut n-heksana merupakan pelarut yang paling ringan untuk mengangkat minyak yang terkandung dalam biji-bijian, mudah menguap dan lebih mudah memisahkan minyak dari pelarutnya (Susanti *et al.*, 2012). n-Heksana adalah komponen dalam fraksi parafin minyak mentah dan gas alam dan digunakan sebagai reagen dalam industri kimia dan laboratorium. n-Heksana adalah produk industri yang terdiri dari campuran hidrokarbon dengan 6 atom karbon dan 19 isomer 2-metilpentana dan 3-metilpentana. n-Heksana adalah pelarut non-polar. Berikut ini adalah sifat fisika dan kimia n-heksana.

Tabel 5. Sifat Kimia n-Heksana

Karakteristik	Informasi
Nama Kimia	n-Heksana
Rumus	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
Struktur	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

Sumber: Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2023

Tabel 6. Sifat Fisika n-Heksana

Karakteristik	Informasi
Berat molekul	86.18
Warna	Tidak berwarna
Fase	Liquid
Titik Lebur	-95 °C
Titik Didih	69 °C
Densitas	0.6603 g/cm <sup>3</sup> di 20 °C
Bau	Berbau samar
Kelarutan	Tidak Larut
Air	9.5 mg/L
Solven Organik	Dapat Larut dengan <i>Alcohol, Chloroform, ether.</i>

Sumber: Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2023

n-Heksana banyak digunakan sebagai pelarut organik yang mudah menguap. n-Heksana banyak digunakan dalam proses ekstraksi bahan alam untuk mengekstraksi senyawa non polar. Titik didih n-Heksana sangat rendah hanya 69 °C, sehingga mudah terbakar jika n-heksana diletakkan di dekat api (Iqbal, 2018). Penggunaan n-Heksana sebagai pelarut karena merupakan kategori non polar yang tidak dapat bercampur dengan air sehingga kandungan air di sekeliling sel mikroalga *Nannochloropsis sp.* tidak menghalangi terjadinya kontak antara pelarut n-heksana dengan sel mikroalga yang mengandung minyak.

## 2.7 Analisis

### 2.7.1 Bilangan Asam

Bilangan asam adalah bilangan yang menunjukkan jumlah KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas. Bilangan asam digunakan untuk mengukur kadar asam lemak bebas dalam minyak. Dilakukan analisis bilangan asam untuk menentukan kualitas dan tingkat oksidasi minyak. Asam lemak bebas yang tinggi biasanya menunjukkan bahwa minyak telah terdegradasi, yang dapat mempengaruhi rasa, bau, dan kestabilan minyak (Kristina *et al.*, 2020). Bilangan asam ditentukan dengan menimbang 2-5 gram sampel dan menambahkan 50 ml alkohol 95%. Sampel kemudian dipanaskan di atas penangas air selama 15 menit sambil diaduk. Tambahkan 3-5 tetes indikator PP, kemudian titrasi sampel dengan KOH 0,1 N. Titrasi sampai larutan menjadi merah muda (SNI 7431:2015).

### 2.7.2 Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan adalah angka yang mewakili miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram minyak. Jumlah KOH yang dibutuhkan

tergantung pada panjang rantai karbon asam lemak yang terkandung dalam trigliserida dan berat trigliserida. Bilangan penyabunan ini memberikan informasi tentang panjang rantai asam lemak dalam trigliserida. Minyak dengan bilangan penyabunan tinggi biasanya memiliki asam lemak dengan rantai karbon yang lebih pendek, sedangkan minyak dengan bilangan penyabunan rendah memiliki asam lemak dengan rantai karbon yang lebih panjang (Kristina *et al.*, 2020). Bilangan penyabunan ditentukan dengan melarutkan 2 gram sampel dalam 25 ml alkohol KOH 0,5 dan di refluks. Setelah selesai, titrasi sampel dengan HCl 0,5N, tambahkan 1-3 tetes indikator PP (SNI 7431:2015).

Tabel 7. Syarat mutu minyak nabati

Parameter	Nilai
Angka Penyabunan (mg KOH/g)	180-265
Angka Asam (mg KOH/g)	Maks 4,0
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,86 – 0,91

Sumber: SNI 7431:2015

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 8. Penelitian Terdahulu

Judul	Metode	Hasil
Pembuatan Biodiesel Mikroalga <i>Nannochloropsis</i> sp. Menggunakan metode <i>In-Situ Transesterification Microwave Assisted</i> dengan katalis Sodium Hidroksida (Retya <i>et al.</i> , 2022).	Metode yang digunakan yaitu Metode <i>InSitu Transesterification Microwave-Assisted</i> . Daya <i>microwave</i> sebesar 400 W, volume heksana ( <i>co-solvent</i> ) sebesar 10 mL, metanol sebesar 1:10, konsentrasi NaOH ( <i>catalyst</i> ) sebesar 0,2M. Variabel berubah berupa waktu reaksi selama 5, 10, 15, 20, dan 25 menit.	Bahwa waktu reaksi yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan. Semakin kecil kandungan <i>FFA</i> maka kualitas biodiesel semakin baik. Kekhawatiran akan kecilnya nilai <i>%yield crude</i> dan besarnya nilai <i>FFA</i> dapat terjadi mengingat proses transesterifikasi <i>in-situ microwave assisted</i> menggunakan katalis basa. Densitas dipengaruhi oleh kemurnian bahan dan komposisi asam lemak yang terkandung dalam biodiesel.
Ekstraksi Lipida dengan Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> dari Mikroalga yang Potensial sebagai Biodiesel (Bintari, 2018).	<i>S. platensis</i> dan <i>Tetraselmis</i> sp. Masing-masing 3gr ditambahkan air 20 mL, diekstrak selama 510 detik, dengan daya gelombang mikro yang divariasikan yakni 80 W, 240 W, 400 W, 560 W, dan 800	Diperoleh data kondisi optimum ekstraksi lipida dari <i>S. platensis</i> pada daya gelombang mikro 560 Watt, waktu ekstraksi selama 510 detik dihasilkan rendemen lipida 1,27%; sedangkan ekstraksi lipida <i>T. chunii</i> pada daya 800 Watt,

Judul	Metode	Hasil
	W. Waktu ekstraksi dilakukan dengan pola 20 detik ekstraksi dan 2 menit dihentikan.	waktu ekstraksi selama 510 detik dihasilkan rendemen lipida 1,25%.
Pengambilan Minyak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dengan Metode <i>Microwave Assisted Extraction</i> (Barqi, 2015).	Metode ekstraksi menggunakan <i>Microwave Assisted Extraction</i> . <i>Chlorella sp.</i> 50gr ditambahkan aquadest 200ml. Kemudian dipanaskan dengan daya 300 W dan 450 W di waktu 10 – 20 menit. Penambahan heksan dengan perbandingan pelarut dengan fitrat 1:2. Waktu dekantasi 24 Jam.	Rendemen terbesar dihasilkan dari proses ekstraksi dengan <i>microwave</i> pada daya 450 W selama 20 menit dengan besar rendemen 0,547%. Berdasarkan uji GC-MS, minyak mikroalga hasil ekstraksi mengandung asam oleat, yang merupakan asam lemak tidak jenuh rantai panjang.
<i>The Extraction of Oil from Nannochloropsis sp. Microalgae using Ultrasonic and Fermentation as Cell Disruption</i> (Hanupurti, 2014).	500gr bubuk mikroalga dicampur dengan 500ml aquades dan kemudian di sonikasi dengan berbagai amplitudo. Setelah proses tersebut, <i>slurry</i> dikeringkan kemudian diekstraksi dengan cara maserasi menggunakan campuran etanol/heksana (1:1, v/v) sebagai pelarut ekstraksi. Alat ultrasonik yang digunakan adalah Qsonica Sonicator Q1375 dengan frekuensi 20KHz.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses ultrasonik diikuti aquades dan kemudian di sonikasi dengan berbagai amplitudo. Setelah proses tersebut, <i>slurry</i> dikeringkan kemudian diekstraksi dengan cara maserasi. Hasil dari penelitian ini dalam kondisi yang optimal dapat melepaskan lipid 63,59% dari berat kering.
Ekstraksi Minyak dari Mikroalga Jenis <i>Chlorella sp.</i> Berbantuan <i>Ultrasonic</i> (Wati, 2011).	Metode ekstraksi menggunakan <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> . Serbuk alga 40gr kering dicampur dengan <i>solvent</i> ( <i>Methanol</i> dan <i>n-hexane</i> ) pada suhu 50 °C dan waktu operasi 1 jam.	Ekstraksi ultrasonik yang menggunakan pelarut <i>n-hexane</i> menghasilkan rendemen tertinggi daripada menggunakan pelarut <i>methanol</i> . Ekstraksi berbantuan ultrasonik membutuhkan waktu yang singkat dan suhu lebih rendah.