



**SKRIPSI – TK 141581**

**EKSTRAKSI LIPID DARI MIKROALGA *Nannochloropsis oculata* DENGAN MENGGUNAKAN *MICROWAVED ASSISTED METHOD***

**Oleh:**

**Feraldo Agastha M  
NRP.0221144000083**

**Pradita Audi  
NRP. 0221144000158**

**Dosen Pembimbing:  
Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT  
NIP. 19760918 200312 2 002**

**Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA  
NIP. 19610802198601 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**FINAL PROJECT – TK 141581**

**MICROALGAE *Nannochloropsis oculata* LIPID  
EXTRACTION WITH MICROWAVE ASSISTED  
METHOD**

**By:**

**Feraldo Agastha M NRP.  
0221144000083**

**Pradita Audi  
NRP. 0221144000158**

**Academic Advisors:  
Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT  
NIP. 19760918 200312 2 002**

**Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA  
NIP. 19610802 198601 1 001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EKSTRAKSI LIPID DARI MIKROALGA *Nannochloropsis oculata* DENGAN MENGGUNAKAN *MICROWAVE ASSISTED METHOD*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

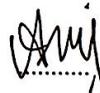
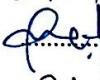
Oleh :

**Feraldo Agastha Maruanaya**  
**Pradita Audi**

**NRP 0221144000083**  
**NRP 02211440000158**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T  
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA  
(Pembimbing II)
3. Orchidea Rachmaniah, S.T., M.T  
(Penguji I)
4. Donny Satria Bhuana, ST, M.Sc.Adv  
(Penguji II)
5. Ni Made Intan Retri Suari, S.T., M.T  
(Penguji III)

  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....



Surabaya,  
25 Juli 2018



**EKSTRAKSI LIPID DARI MIKROALGA**  
***Nannochloropsis oculata* DENGAN MENGGUNAKAN**  
***MICROWAVED ASSISTED METHOD***

**Nama/NRP** : 1. Feraldo Agastha M (0221144000083)  
2. Pradita Audi (02211440000158)  
**Departemen** : Teknik Kimia FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT  
Prof. Dr. Ir Mahfud, DEA

**ABSTRAK**

Salah satu sumber bahan alam yang berpotensi untuk dapat dijadikan biodiesel adalah mikroalga karena memiliki lipid yang mengandung minyak yang cukup tinggi. *Nannochloropsis oculata* merupakan salah satu contohnya, sehingga perlu dikembangkan ekstraksi lipid dari mikroalga *Nannochloropsis oculata*. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Metode ini memiliki beberapa kelebihan yaitu proses tidak terlalu lama serta menghemat konsumsi energi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari cara dalam memperoleh lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan menggunakan metode *Microwaved-Assisted Extraction* (MAE) dengan pelarut metanol dan campuran metanol–n-heksana dan mempelajari pengaruh jenis pelarut, volume pelarut, daya serta waktu ekstraksi terhadap *yield crude* lipid yang dihasilkan. Massa mikroalga kering yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 5 gram, daya sebesar 300; 450; 600 watt serta waktu ekstraksi 10; 20; 30; 40; 50; 60 menit. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengekstraksi mikroalga yang telah dicampurkan dengan pelarut (metanol/campuran metanol–n-heksana) dengan *microwave*. Setelah mengekstraksi, memisahkan minyak dengan menggunakan corong buchner dan kertas saring dengan bantuan pompa vakum. Hasilnya diuapkan sampai membentuk *slurry* dan tidak ada yang menguap lagi. Dari metode yang dilakukan didapatkan *yield crude* lipid sebesar 65,69% dengan menggunakan massa mikroalga kering 5 gram pada daya

300 watt selama 50 menit dan volume pelarut 45 ml metanol. Kesimpulan yang didapat adalah proses ekstraksi dengan *Microwaved-Assisted Extraction* merupakan metode yang efisien karena bisa menghemat waktu dan energi serta karena ekstraksi terjadi secara simultan. Semakin lama waktu ekstraksi maka *yield crude* lipid yang diperoleh semakin menurun dan semakin tinggi daya yang digunakan maka *yield crude* lipid yang didapatkan semakin menurun tetapi kondisi lipid yang diperoleh berupa *liquid*. Sementara semakin banyak volume pelarut maka *yield crude* lipid yang diperoleh semakin tinggi.

**Kata kunci :** *Nannochloropsis oculata.*, Ekstraksi, *Microalgae*, *Microwaved- Assisted Extraction (MAE)*

# **MICROALGAE *Nannochloropsis oculata* LIPID EXTRACTION WITH MICROWAVE ASSISTED METHOD**

**Name/NRP** : 1. Feraldo Agastha M (0221144000083)  
2. Pradita Audi (02211440000158)  
**Departement** : Teknik Kimia FTI-ITS  
**Academic Advisors** : Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT  
Prof. Dr. Ir Mahfud, DEA

## **ABSTRACT**

*One of the natural materials that can be used as biodiesel is microalgae, because it has lipid that contains high oil. Nannochloropsis oculata is one of the examples, so the lipid extraction of Nannochloropsis oculata is needed to be developed. In this research will be used Microwave Assisted Extraction (MAE) method. This method has several advantages, which are fast process and energy saving. The purpose of this research is to learn how to obtain microalgae Nannochloropsis oculata lipids by using Microwaved-Assisted Extraction (MAE) method with methanol and methanol-n-hexane mixture solvent and learn the effect of solvent type and volume, power and time of extraction to crude lipid yield that resulted. The dry microalgae mass used in this study was 5 grams, power of 300; 450; 600 watts and extraction time 10; 20; 30; 40; 50; 60 minutes. The method used in this research is extracting microalgae which have been mixed with solvent (methanol / methanol-n-hexane mixture) using microwave. After extracting, separate the oil using buchner funnel and filter paper with the help of vacuum pump. Then the result is evaporated until it becomes slurry and nothing evaporates again. From the method that used, the result of crude lipid yield is 65,69% by using dry microalgae mass 5 gram at power 300 watts for 50 minutes and solvent volume 45 ml methanol. It can be concluded that the extraction process with Microwaved-Assisted Extraction is an*

*efficient method because it can save time and energy because extraction occurs simultaneously. The longer the extraction time, the yield of crude lipid obtained is lower and the higher the power, the yield of crude lipid obtained is lower and in the form of liquid. While the higher the volume of solvent, the yield of crude lipid obtained is higher.*

**Keywords:** *Nannochloropsis oculata*, Extraction, Microalgae, Microwaved-Assisted Extraction (MAE)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala petunjuk, karunia dan kemudahan-Nya yang diberikan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi kami yang berjudul:

**“EKSTRAKSI LIPID DARI MIKROALGA *Nannochloropsis oculata* DENGAN MENGGUNAKAN *MICROWAVE ASSISTED METHOD*”**

Penulisan laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang S-1 untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
2. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan bagi kami.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA., sebagai dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia yang telah banyak memberikan masukan bagi kami.
4. Bapak dan Ibu dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
5. Orangtua dan keluarga kami atas segala kasih sayang dan pengertian yang telah diberikan.
6. Heri Septya Kusuma, S.Si., M.T. dan teman-teman Laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia.
7. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga tugas akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya di bidang teknik kimia dan aplikasi industri kimia. Terima kasih.

Surabaya, 27 Juni 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x

### BAB I PENDAHULUAN

I.1	Latar Belakang .....	1
I.2	Perumusan Masalah .....	3
I.3	Tujuan Penelitian.....	4
I.4	Manfaat Penelitian.....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1	Potensi <i>Microalgae</i> sebagai Biodiesel.....	5
II.2	<i>Nannochloropsis oculata</i> .....	7
	II.2.1 Klasifikasi.....	7
	II.2.2 Morfologi .....	8
	II.2.3 Lipid dan Asam Lemak.....	10
II.3	Metode Pengambilan Minyak Mikroalga .....	14
II.4	<i>Microwaved Assisted Extraction</i> (MAE).....	16
II.5	Studi Hasil Penelitian Sebelumnya ( <i>State of the Art</i> ) .....	19

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1	Garis Besar Penelitian.....	23
III.2	Bahan dan Alat .....	23
	III.2.1 Bahan Penelitian .....	23
	III.2.2 Rangkaian untuk Proses Ekstraksi Minyak....	23

III.3	Prosedur Penelitian.....	24
III.4	Variabel Penelitian .....	25
	III.4.1 Pelarut Metanol .....	25
	III.4.2 Pelarut Campuran Metanol–n-Heksana .....	25
III.5	Flowchart Prosedur Penelitian .....	26
III.6	Analisa Data.....	27

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

IV.1	Hasil Ekstraksi Lipid Mikroalga Menggunakan <i>Microwave Assisted Method.</i> ....	30
	IV.1.1 Pengaruh Daya Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga .....	30
	IV.1.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap <i>Yield</i> <i>Crude</i> Lipid Mikroalga .....	31
	IV.1.3 Pengaruh Volume Pelarut Terhadap <i>Yield</i> <i>Crude</i> Lipid Mikroalga .....	32
	IV.1. 4 Pengaruh Volume <i>Solvent</i> Metanol–n-Heksana Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga.....	34
IV.3	Hasil Penelitian Ekstraksi Minyak.....	35
IV.4	Karakteristik Lipid Mikroalga .....	36
	IV.4.1 Hasil Analisa GC Mikroalga.....	36

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1	Kesimpulan .....	39
V.2	Saran.....	39
	DAFTAR PUSTAKA .....	xi

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b>	<i>Microalgae Nannochloropsis oculata</i> .....	8
<b>Gambar II.2</b>	Gambar Morfologi Sel <i>Nannochloropsis oculata</i> .....	8
<b>Gambar II.3</b>	Skema Prinsip Pemansan dari Ekstraksi Secara Konvensional dan Radiasi dari Gelombang <i>Microwave</i> pada Metode MAE (Microwave-Assisted Extraction).....	16
<b>Gambar III.1</b>	Rangkaian Alat <i>Microwave Assisted Extraction</i> .....	24
<b>Gambar IV.1</b>	Pengaruh Daya Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga pada Waktu 60 Menit ...	30
<b>Gambar IV.2</b>	Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga pada Volume Pelarut 30 ml Metanol.....	32
<b>Gambar IV.3</b>	Pengaruh Volume Pelarut Metanol Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga...	33
<b>Gambar IV.4</b>	Pengaruh Volume Pelarut Metanol–n-Heksana Terhadap <i>Yield Crude</i> Lipid Mikroalga.....	34
<b>Gambar IV.5</b>	Terbentuknya garam pada hasil ekstraksi .....	35
<b>Gambar IV.6</b>	Hasil Analisa <i>Gas-Chromatography</i> pada minyak mikroalga .....	37

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b>	Hasil Produksi Minyak Berbagai Tanaman ....	5
<b>Tabel II.2</b>	Kandungan Minyak Berbagai Jenis Mikroalga.....	11
<b>Tabel II.3</b>	Kandungan Asam Lemak dalam Beberapa Spesies Mikroalga .....	13
<b>Tabel II.4</b>	Perbandingan ekstraksi soxhletasi, UAE, MAE dan SFE.....	18
<b>Tabel II.5</b>	State of The Art Ekstraksi Lipid Mikroalga dengan Berbagai Metode.....	19

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, ekonomi dan pesatnya perkembangan teknologi di sektor industri kebutuhan akan energi juga bertambah. Sampai saat ini energi minyak dan gas bumi merupakan sumber energi utama penyokong kebutuhan energi di dunia. Namun, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar minyak, produksi minyak di dunia dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Hal ini mendorong adanya pengembangan energi alternatif terbarukan, yaitu bakar nabati (BBN) sebagai pengganti petroleum diesel. Di antara 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 mikroskopik yang mampu berfotosintesis, memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat tinggi hingga 1-3 kali per harinya dibandingkan tanaman konvensional seperti kedelai dan rapeseed (Gennady dkk., 2008) dan produktivitas minyak dari mikroalga jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan minyak kelapa sawit untuk luas lahan yang sama yaitu bisa mencapai 20 kali lipat (Khan, dkk., 2009). Ditambah lagi, mikroalga tidak menimbulkan persaingan antar sektor pangan dan energi. Salah satu jenis mikroalga yang dapat menghasilkan produk lipid adalah *Nannochloropsis oculata*, kandungan lipid *Nannochloropsis oculata* cukup tinggi yaitu 31-68% dari berat keringnya (Chisti, 2007). Dimana komposisi asam lemak utama yang terkandung di dalam *Nannochloropsis oculata* adalah asam palmitat (C16:0) sebesar 45-47% dan asam oleat (C18:1) sebesar 42-48% (Chisti, 2007). Biodiesel terdiri dari asam lemak C12-C22, sehingga kandungan asam lemak *Nannochloropsis oculata* yang didominasi oleh asam palmitat (C16:0) dan asam oleat (C18:1) berpotensi menghasilkan biodiesel

dengan *yield* yang tinggi.

Ekstraksi minyak *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. Dari kelemahan yang didapat dengan menggunakan metode konvensional tersebut, sehingga diperlukan teknis ekstraksi minyak *microalgae* yang baru yaitu dengan metode yang lebih optimal, memiliki waktu ekstraksi yang relatif singkat dan dapat mengurangi penggunaan pelarut organik meliputi *Microwaved-Assisted Extraction* (MAE), *Supercritical Fluid Extraction* (SCFE), *Pressurized Solvent Extraction* (PSE), *Microwave-Assisted Hydrodistillation* (MAHD) dan lain-lain. Seperti halnya yang telah dilakukan penelitian dengan metode *Microwaved-Assisted Extraction* (MAE).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu pada ekstraksi lipid mikroalga dari *Acutodesmus obliquus* dengan menggunakan campuran etanol dan heksana sebagai pelarut. Metode yang digunakan dalam mengekstrak minyak adalah dengan metode *soxhletasi extraction* dan *ultrasound-assisted extraction*. Metode tersebut menggunakan solvent etanol, heksana dan campuran etanol dan heksana dengan rasio volume 1:1, 2:1 dan 1:2. Dengan metode penelitian diatas mendapatkan yield sebesar 92% pada Soxhlet dan 59% pada *ultrasound-assisted extraction* yang menggunakan solvent campuran etanol dan heksana pada rasio volume 1:2. Hal tersebut menunjukkan yield yang lebih tinggi dibandingkan dengan solvent murni, yaitu 24% dan 217% lebih tinggi pada etanol dan heksana dengan metode Soxhlet dan 55% dan 68% lebih tinggi pada etanol dan heksana dengan metode *ultrasound-assisted extraction* (Escorsim dkk, 2018). Dengan menggunakan solvent diatas maka dapat digunakan pada metode ekstraksi yang lain untuk mendapatkan yield yang tinggi.

Pada penelitian ini, menggunakan metode *Microwaved-Assisted Extraction* (MAE) karena memiliki kelebihan dibandingkan metode-metode yang telah disebutkan di atas

diantaranya adalah waktu esktraksi dan kebutuhan pelarut yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2500MHz (2,5GHz) ini diserap oleh bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti pada oven biasa. Maka dari itu, prosesnya dilakukan sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap baik oleh bahan gelas, keramik dan sebagian jenis plastik. Berdasarkan uji GC/MS (*Gas Chromatography / Mass Spectrometry*), metode MAE tidak mengubah komponen kimia yang ada dalam minyak mikroalga tersebut, serta metode ini dapat dikategorikan sebagai *green technology* karena dapat mengurangi kebutuhan energi.

Atas dasar di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi lipid dari *microalgae Nannochloropsis oculata* dengan metode *Microwaved-Assisted Extraction* (MAE), dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat diperoleh *yield* minyak *microalgae* (*Nannochloropsis oculata*) yang optimal serta mutu minyak *microalgae* yang dapat diterima di pasaran.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara ekstraksi lipid dari mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan menggunakan metode *microwave assisted extraction*?
2. Bagaimana pengaruh jenis dan volume pelarut terhadap *yield crude* lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh daya terhadap *yield crude* lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan?
4. Bagaimana pengaruh waktu ekstraksi terhadap *yield crude* lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mempelajari cara ekstraksi lipid dari mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan menggunakan metode *microwave assisted extraction*.
2. Mengetahui pengaruh jenis dan volume pelarut terhadap *yield crude lipid* mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh daya terhadap *yield crude lipid* mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan.
4. Mengetahui pengaruh waktu ekstraksi terhadap *yield crude lipid* mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dihasilkan.

### **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

1. Memberikan wawasan baru bagi penulis dan masyarakat mengenai pemanfaatan mikroalga sebagai bahan alternatif.
2. Mendukung program pemerintah dalam hal efisiensi energi, pengembangan energi alternatif dalam rangka mewujudkan ketahanan energi nasional.
3. Sebagai referensi dalam pembuatan industri biodiesel untuk dapat dikembangkan dalam skala besar.
4. Dan sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang ekstraksi lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata*.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### II.1 Potensi *Microalgae* sebagai Biodiesel

Salah satu bahan baku biofuel yang paling mendapat perhatian saat ini adalah 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).

Keunggulan lain pengembangan mikroalga bahan bakar alternatif biodiesel adalah kandungan minyak (lipid) 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., 2008). Selain itu mikroalga juga memiliki jumlah biomassa yang banyak, pertumbuhan yang lebih cepat, tidak berkompetisi dengan produksi pangan, dan dapat menggunakan air hasil daur ulang sehingga mampu menghemat sumber daya air (*water recycling*). Sistem mikroalga juga menggunakan lebih sedikit air dibandingkan dengan sumber minyak tradisional lain. Oleh karena itu, mikroalga mampu memproduksi lebih banyak minyak per unit area, dibandingkan dengan bahan baku minyak terestrial lain.

**Tabel II.1.** Hasil Produksi Minyak Berbagai Tanaman (Kristanti, 2012)

Jenis Tanaman	Minyak dalam liter/hektar
Jarak	1.413
Safflower ( <i>Chartamus</i> )	779

<i>tinctorius)</i>	
<b>Palem</b>	5.950
<b>Kedele</b>	446
<b>Kelapa</b>	2.689
<b><i>Microalgae</i></b>	100.000

---

Dalam penelitian ini biodiesel akan dihasilkan dari bahan baku berupa mikroalga jenis *Nannochloropsis oculata*. Mikroalga ini adalah salah satu mikroalga yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi cahaya dan CO<sub>2</sub> untuk keperluan fotosintesis (Diharmi, 2001). Tidak hanya memiliki kapasitas untuk memproduksi produk alga yang bernilai tinggi tetapi juga mampu untuk berkembang biak hanya dengan menggunakan cahaya matahari, karbondioksida dan air laut. *Nannochloropsis oculata* mengandung lipid cukup tinggi dengan kisaran 31-68% berat kering sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku biodiesel (Chisti, 2007).

Pengambilan minyak dari mikroalga dapat dilakukan dengan berbagai metode ekstraksi, yang mana masing-masing metode menghasilkan %*yield* minyak yang berbeda-beda. Terdapat ratusan mikroalga yang sebagian besar mikroalga laut memiliki kandungan lipid yang cukup tinggi dan metabolisme produksi lipid sudah dilakukan dan dikarakterisasi. Komponen utama lipid dari mikroalga adalah trigliserida. Senyawa trigliserida dari mikroalga dapat diubah ke dalam bentuk metil ester melalui transesterifikasi. Asam lemak metil ester (FAME) yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar biodiesel. Lemak mikroalga pada umumnya terdiri dari asam lemak tidak jenuh, seperti linoleat, eicosapentaenoic acid (EPA) dan docosahexaenoic acid (DHA). Mikroalga mengandung lemak dalam jumlah yang besar, terutama asam arachidonat (yang mencapai 36% dari total asam lemak) dan sejumlah asam eikosapentaenoat. Selain itu, lemak mikroalga juga kaya akan asam lemak poli tidak jenuh (PUFA) dengan 4 atau lebih ikatan rangkap.

Keuntungan penggunaan mikroalga menurut Schenk et al.

(2008) dan Ahmad et al. (2011) sebagai biodiesel yaitu

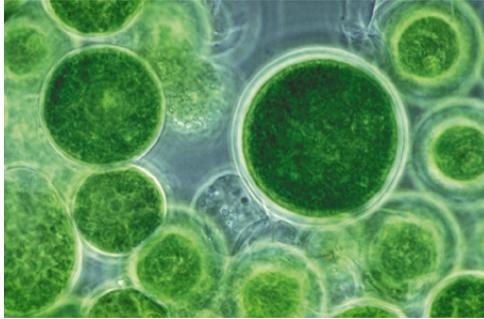
1. Meningkatkan efisiensi ataupun mengurangi biaya. Biaya pemanenan mikroalga *relative* lebih rendah dibandingkan biomassa yang lain. Selain itu pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biodiesel tidak akan mengganggu kestabilan suplai rantai makanan manusia.
2. Pengembangan mikroalga tidak memerlukan area yang luas dibanding tanaman lain.
3. Mikroalga mempunyai kandungan minyak sekitar 20 sampai 50% berat keringnya.
4. Mikroalga dapat mengikat CO<sub>2</sub> di udara.
5. Dapat dipanen hampir sepanjang tahun sehingga menjadi sumber yang berkelanjutan.
6. Menghasilkan minyak yang *non-toxic* dan ramah lingkungan.

## **II.2 *Nannochloropsis oculata***

### **II.2.1 Klasifikasi**

Klasifikasi dari *Nannochloropsis oculata* menurut Adehog (2001) dan Garofalo (2009) adalah sebagai berikut :

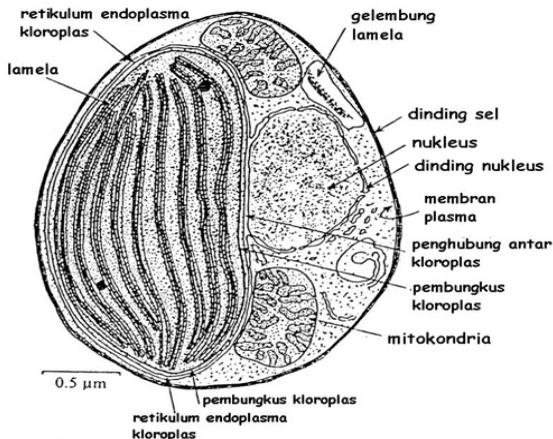
Kingdom	: Protista
Super Divisi	: Eukaryotes
Divisi	: Chromophyta
Kelas	: Eustigmatophyceae
Ordo	: Eustigmatales
Famili	: Monodopsidaceae
Genus	: <i>Nannochloropsis</i>
Species	: <i>Nannochloropsis oculata</i>



**Gambar II.1** *Microalgae Nannochloropsis oculata*

## II.2.2 Morfologi

Mikroalga *Nannochloropsis oculata* merupakan tanaman yang dapat ditemukan di lingkungan perairan terutama air tawar dan air laut. *Nannochloropsis oculata* merupakan fitoplankton yang berbentuk bola dan berukuran kecil berkisar 2-4  $\mu\text{m}$ , berwarna hijau, memiliki dinding sel, mitochondria, kloroplast, nucleus yang dilapisi membran (gambar II.2), tidak motil dan tidak berflagel.



**Gambar II.2** Gambar Morfologi sel *Nannochloropsis oculata* (Hoek, et al., 1995)

*Nannochloropsis oculata* dapat melakukan fotosintesis karena memiliki klorofil-a yang terdapat di kloroplas. Tiap satu sel *Nannochloropsis oculata* hanya memiliki satu kloroplas yang mengandung pirenoid. Kloroplas memiliki stigma (bintik mata) yang bersifat sensitif terhadap cahaya. Ciri khas dari organisme ini ialah memiliki dinding sel yang terbuat dari komponen selulosa (Hoek, et al., 1995). *Nannochloropsis oculata* bersifat kosmopolit dapat tumbuh pada salinitas 0-35 ppt, dimana salinitas optimum untuk pertumbuhannya adalah 25-35 ppt dan suhu optimumnya yaitu 25-30°C, dapat tumbuh baik pada kisaran pH 8-9,5 dan intensitas cahaya 100-10000 lux. *Nannochloropsis oculata* juga memiliki kandungan lipid yang tinggi yaitu berkisar antara 31-68% berat kering, mempunyai potensi yang sangat besar untuk bahan baku produksi trigliserida (Campbell, 2008).

Mikroalga ini memiliki nilai nutrisi yang sangat tinggi, mudah diukur secara massal, tidak menimbulkan racun dan pertumbuhannya relatif cepat. *Nannochloropsis oculata* berkembang biak secara aseksual dengan cara membelah diri dan membentuk autospora. Setiap sel yang sudah masak akan membelah diri dan menghasilkan dua dan empat autospora. Autospora adalah spora non flagella yang bentuknya menyerupai sel induknya, tetapi mempunyai ukuran tubuh lebih kecil. Autospora yang telah dihasilkan dibebaskan dari sel induk melalui penghancuran dinding sel dewasa dan berkembang hingga mencapai ukuran sel induknya (Barsanti, et al., 2006).

Sementara untuk pertumbuhannya, *Nannochloropsis oculata* sangat bergantung pada ketersediaan nutrien, intensitas cahaya, karbondioksida, pH, suhu dan salinitas. Persentase PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acid) utama pada *Nannochloropsis oculata* tetap stabil pada kondisi dengan keterbatasan cahaya, tetapi pada kondisi dengan intensitas cahaya jenuh kandungan PUFA menurun yang diikuti dengan kenaikan proporsi SFA dan MUFA (Mono Unsaturated Fatty Acid). *Nannochloropsis oculata* mengandung Vitamin B12 dan Eicosapentaenoic acid (EPA) sebesar 30,5% dan total kandungan omega 3 HUFAs sebesar

42,7%, serta mengandung protein 57,02% (Fachrullah, 2011).

Besarnya kandungan lipid dari *Nannochloropsis Oculata* ini membuat para peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang bahan bakar alternatif, yang sebenarnya telah lama dilakukan dari jenis mikroalga *Nannochloropsis oculata*. Biodiesel merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan pilihan. Namun demikian, pengembangan mikroalga sebagai sumber penghasil biodiesel memiliki masalah antara lain biaya produksi biodiesel dari mikroalga yang relatif tinggi (Liang, et al., 2008).

### II.2.3 Lipid dan Asam Lemak

Total kandungan minyak dan lemak dari mikroalga berkisar antara 1% sampai 70% dari berat kering. Kandungan lipid dalam mikroalga biasanya dalam bentuk gliserol dan asam lemak dengan panjang C14-C22. Mereka biasanya jenuh atau tidak jenuh. Beberapa spesies mikroalga hijau-biru khususnya berfilamen, cenderung memiliki konsentrasi asam lemak jenis PUFA (*poly unsaturated fatty acid*) yang tinggi (25% sampai 60%).

Mikroalga eukariotik memiliki keunggulan dalam kandungan lipid jenis MFA (*monosaturated fatty acid*) dan SFA (*saturated fatty acid*). Trigliserida merupakan salah satu jenis yang paling umum terkandung dalam lemak mikroalga dan bisa mencapai 80% dari total fraksi lipid. Disamping trigliserida, kandungan lipid utama lainnya adalah *sulphoquinovosyl digliserida*, *digliserida*, *monogalaktosildigliserida* (MGDG), *digalaktosil digliserida* (DGCG), *lesitin*, *fosfatidil gliserol* dan *fosfatidil inositol*.

Terdapat beberapa variasi jenis lipid yang ditemukan dalam beberapa jenis mikroalga. Sebagai contoh pada mikroalga hijau, seperti pada tumbuhan tingkat tinggi, asam linoleat sangat umum teridentifikasi, tetapi dalam *Bacillariophyceae*, asam linoleat hanyalah elemen pelengkap atau minor. Kelas *Bacillariophyceae* mengandung asam lemak palmitat, heksedekenoat dan C20-Asam pelienoat. Mikroalga merah

*Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* memiliki tingkat asam lemak arahidoneat lebih tinggi seperti asam palmitat, oleat, linoleat. *Chrysophyta* memiliki kandungan asam lemak 22:6 dan 22:4 yang relatif tinggi dan *Dinophyta* memiliki kandungan asam lemak UFA 18:8, 20:0 dan 22:6 serta asam lemak jenis 16:0 UFA (Belarbi, et al., 2000).

Komposisi asam lemak mikroalga juga bervariasi secara kuantitatif dan kualitatif dengan kondisi pertumbuhan. Disamping asam lemak yang telah disebutkan, mikroalga jenis mensintesis beberapa kelas asam lemak yang baru seperti klorosulfolipid, yang dilaporkan telah ditemukan dalam *Chrysophyceae*, *Chlorophyceae* dan *Cyanophyceae*.

Diketahui bahwa mikroalga mempunyai kandungan minyak cukup tinggi. Berikut pada **Tabel II.2** adalah kandungan minyak dari *Nannochloropsis oculata* dibanding dengan mikroalga lain dan pada **Tabel II.3** dijabarkan kandungan senyawa asam lemak dari beberapa spesies mikroalga.

**Tabel II.2** Kandungan Minyak Berbagai Jenis Mikroalga (Chisti, 2007)

<b>Mikroalga</b>	<b>Kandungan Lipid (% berat biomassa kering)</b>	<b>Produktivitas Lipid (ml/L/hari)</b>
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	24,0 – 31,0	-
<i>Botryococcus braunii</i>	25,0 – 75,0	-
<i>Chaetoceros muelleri</i>	33,6	21,8
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	14,6 – 16,4/39,8	17,6
<i>Chlorella emersonii</i>	25,0 – 63,0	10,3 – 50,0
<i>Chlorella protothecoides</i>	14,6 – 57,8	1214
<i>Chlorella sorokiniana</i>	19,0 – 2,0	44,7
<i>Chlorella vulgaris</i>	5,0 – 58,0	11,2 – 40
<i>Chlorella sp.</i>	10,0 – 58,0	42,1

<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	2,0	-
<i>Chlorella</i>	18,0 – 57,0	18,7
<i>Chlorococcum sp.</i>	19,3	53,7
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20,0 – 51,1	-
<i>Dunaliella salina</i>	6,0-25,0	116,0
<i>Dunaliella primolecta</i>	23,1	-
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	16,7 – 71,0	-
<i>Dunaliella sp.</i>	17,5 – 67,0	33,5
<i>Ellipsoidion sp.</i>	17,5 – 67,0	47,3
<i>Euglena gracilis</i>	14,0 – 20,0	-
<i>Haematococcus pluvialis</i>	25,0	-
<i>Isochrysis sp.</i>	7,1 – 33	37,8
<i>Monodus subterraneus</i>	16,0	30,4
<i>Monallanthus salina</i>	20,0 – 22,0	-
<i>Nannochloris sp.</i>	20,0 – 56,0	60,9 – 76,5
<i>Nannochloropsis oculata</i>	10,0 – 29,7	84,0 – 142,0
<i>Nannochloropsis sp.</i>	12,0 – 53,0	37,6 – 90,0
<i>Neochloris oleoabundans</i>	29,0 – 65,0	90,0 – 134,0
<i>Nitzschia sp.</i>	16,0 – 47,0	-
<i>Oocystis pusilla</i>	10,5	-
<i>Pavlova salina</i>	30,9	49,4
<i>Pavlova lutheri</i>	35,5	40,2
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	18,0 – 57,0	44,8
<i>Porphyridium cruentum</i>	9,0 – 18,8/60,7	34,8
<i>Scenedesmus obliquus</i>	11,0 – 55,0	-
<i>Scenedesmus</i>	1,9 – 18,4	35,1

<i>quadricauda</i>		
<i>Scenedesmus sp.</i>	19,6 – 21,1	40,8 – 52,9
<i>Skeletonema sp.</i>	13,3 – 31,8	27,3
<i>Skeletonema costatum</i>	13,5 - 51,3	17,4
<i>Spirulina platensis</i>	4,0 – 16,6	-
<i>Spirulina maxima</i>	4,0 – 9,0	-
<i>Thalassiosira pseudonna</i>	20,6	17,4
<i>Tetraselmis suecica</i>	8,5 – 23,0	27,0 – 36,4
<i>Tetraselmis sp.</i>	12,6 – 14,7	43,4

**Tabel II.3** Kandungan Asam Lemak dalam Beberapa Spesies Mikroalga (Kawaroe, et al., 2010)

Nama Senyawa	<i>Scenedesmus sp.</i>	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Nannochloropsis sp.</i>	<i>Spirulina sp.</i>
Asam kaprilat	0,07	-	0,30	0,07
Asam laurat	0,22	0,02	0,99	3,08
Asam myristat	0,34	-	7,06	2
Asam stearat	13,85	29,50	-	3,5
Asam palmitat	20,29	8,09	23,07	17,28
Asam oleat	-	2,41	12,25	22,58
Asam valerat	-	10,06	-	-
Asam margarit	-	-	-	-
Asam palmitoleat	9,78	2,15	42,32	0,24
Asam palmitolineat	-	-	-	-
Asam linoleat	25,16	45,07	2,47	9,93

Asam linolenat	16,16	11,49	-	-
Gliserol trilaurat	3,73	-	-	-
Vinil laurat	35,52	-	-	-

---

### II.3 Metode Pengambilan Minyak Mikroalga

Minyak hasil ekstraksi sangat ditentukan oleh metode perusakan dan juga alat yang digunakan. Proses dengan menggunakan metode dan alat yang tepat dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi (Lee, 2012). Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengekstrak minyak dari mikroalga selain metode yang digunakan dalam penelitian ini (*Microwaved-Assisted Extraction* (MAE)), antara lain:

a. Metode Pengepresan (*Could Oil Extraction*)

Pengepresan merupakan metode yang paling sederhana karena hanya membutuhkan alat press saja. Metode ini sangat cocok dipakai untuk produksi dalam skala kecil. Proses ini mempunyai efisiensi yang sangat rendah karena untuk mendapatkan minyak, mikroalga harus dipress hingga hancur. Metode ini hanya dapat mengekstraksi minyak 70% dari jumlah kadungan minyak mikroalga, sedangkan sisanya masih bercampur dengan sisa ekstraksi yang berupa karbohidrat (Sulistyo, et al., 2009). Contoh metode ini adalah Ekstraksi minyak kemiri dengan cara pengepresan.

b. Metode Pelarut Heksana (*Hexane Solvent Oil Extraction*)

Ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia. Benzena dan eter dapat digunakan sebagai pelarut, namun harganya yang mahal menjadi pertimbangan untuk memakainya, heksana adalah salah satu pelarut yang sering digunakan karena harganya yang relatif murah dan mudah didapat. Penggunaan heksana dapat dilakukan dengan *metode lepage* yang dimodifikasi. Ekstraksi dengan heksana dilakukan dengan mencampurkan heksana dengan isopropanol dengan perbandingan 3:2 kemudian

dicampurkan dengan bahan kering dan dicentrifuge. Penggunaan heksan juga dapat dilakukan pada metode pengpresan, heksana dicampurkan dengan biomassa sisa pengepresan (Halim, 2011). Contoh dari metode ini adalah ekstraksi minyak atsiri bunga krisan dengan pelarut heksana.

c. Ekstraksi Fluida Superkritis (*Supercritical Fluid Extraction*)

Metode ekstraksi minyak dengan memanfaatkan sifat fluida pada keadaan superkritis untuk mengekstraksi bahan organik dari sampel padat. Fluida Superkritis adalah keadaan ketika fluida berada pada temperatur dan tekanan superkritis, pada keadaan ini dinding sel akan rusak dan mengakibatkan minyak akan keluar (Purwadi, 2006).

Namun cara ini membutuhkan alat khusus untuk penahan tekanan dan membutuhkan cairan ekstraksi superkritis/CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> dicairkan dengan tekanan dan dipanaskan hingga mencapai suatu titik dengan sifat-sifat yang dimilikinya antara cair dan gas. Fluida cair ini selanjutnya bertindak sebagai pelarut (Sulistyo, et al., 2009). Contoh dari metode ini adalah ekstraksi minyak atsiri.

d. Metode Kedutan Osmotik (*Osmotic Shock*)

Metode *osmotic shock* ini melakukan penurunan tekanan osmotik secara tiba-tiba pada suatu mikroorganisme sehingga akan menyebabkan sel rusak. Metode ini dapat digunakan untuk melepaskan komponen-komponen seluler seperti minyak. Contoh dari metode ini adalah ekstraksi minyak nabati.

e. Metode Ultrasonik (*Ultrasonic Extraction*)

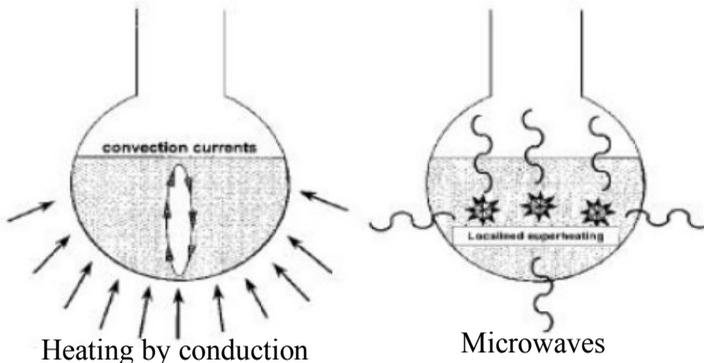
Teknik ini dikenal dengan sonikasi yaitu pemanfaatan efek gelombang ultrasonik untuk mempengaruhi perubahan-perubahan yang terjadi pada proses. Keuntungan utama dari ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik dibandingkan dengan ekstraksi konvensional menggunakan *soxhlet* yaitu efisiensi lebih besar dan waktu operasinya lebih singkat. Selain itu ekstraksi konvensional menggunakan *soxhlet* biasanya memberikan laju perpindahan yang rendah (Garcia, 2004).

Metode ultrasonik menggunakan reaktor ultrasonik,

gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk membuat gelembung kavitasi dalam bahan pelarut. Ketika gelembung pecah didekat dinding sel, menciptakan gelombang kejut dan menyebabkan dinding sel pecah sehingga melepaskan minyak yang ada dalam sel (Toma, et al., 1999). Contoh metode ini adalah Ekstraksi Oleoresin Jahe dengan bantuan Ultrasonik.

#### II.4 *Microwaved Assisted Extraction (MAE)*

Ekstraksi merupakan langkah yang terpenting dalam analisa kualitatif dan kuantitatif dari produk herbal. *Soxhlet* adalah metode ekstraksi yang paling banyak digunakan, namun *soxhlet* memiliki kekurangan, yaitu memerlukan waktu yang panjang (8, 16, 24 jam atau lebih) sehingga memerlukan energi panas yang berlebihan. Sehingga diperlukan teknik ekstraksi baru yaitu metode yang lebih optimal, memiliki waktu ekstraksi yang diperpendek dan dapat mengurangi penggunaan pelarut organik sehingga dapat mengurangi biaya persiapan sampel.



**Gambar II.3** Skema prinsip pemanasan dari ekstraksi secara konvensional dan radiasi dari gelombang *microwave* pada metode MAE (*microwaved-assisted extraction*)

MAE merupakan ekstraksi yang memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk mempercepat ekstraksi selektif melalui

pemanasan pelarut secara cepat dan efisien (Jain, et al., 2009). Menurut beberapa hasil penelitian, MAE meningkatkan efisiensi dan efektifitas ekstraksi bahan aktif berbagai jenis rempah-rempah, tanaman herbal dan buah-buahan (Calinescu, et al., 2001). Gelombang mikro mengurangi aktivitas enzimatis yang merusak senyawa target (Salas, et al., 2010).

Microwaves merupakan gelombang elektromagnetik tak terionkan dengan frekuensi antara 300 MHz – 300 GHz dan berada di antara sinar-X dan sinar infra merah dalam spektrum elektromagnetik. Kapasitas panas dari radiasi gelombang mikro sebanding dengan properti dielektrik dari bahan dan sebaran muatan elektromagnetik. Mekanisme dasar pemanasan *microwave* melibatkan pengadukan molekul polar atau ion yang berisolasi karena pengaruh medan listrik dan magnet yang disebut polarisasi dipolar. Dengan adanya medan yang berisolasi, partikel akan beradaptasi dimana gerakan partikel tersebut dibatasi oleh gaya interaksi antar partikel dan tahanan listrik. Akibatnya partikel tersebut menghasilkan gerakan acak yang menghasilkan panas.

Panas radiasi gelombang mikro memanaskan dan menguapkan air sel bahan. Tekanan pada dinding sel meningkat, akibatnya sel mengalami pengembangan (*swelling*). Tekanan mendorong dinding sel dari dalam, meregangkan dan memecahkan sel tersebut. Rusaknya matrik bahan mempermudah senyawa target keluar dan terekstraksi (Jain, et al., 2009). Ada beberapa hal, yang memungkinkan ekstraksi bahan kering dengan MAE karena masih terdapat beberapa sel bahan yang mengandung air (*moisture*) dalam jumlah sangat kecil. Perusakan sel semakin efektif dengan penggunaan pelarut bernilai faktor disipasi tinggi. Namun, penggunaan suhu tinggi tidak aplikatif untuk senyawa target termolabil. Untuk melindungi senyawa tersebut yang tidak stabil pada panas, digunakan pelarut transparan terhadap gelombang mikro seperti heksana dan klorofom (Mandal, et al., 2007).

Suhu tinggi radiasi gelombang mikro menghidrolisis ikatan eter pada konstituen dinding sel tanaman yaitu selulosa. Dalam waktu yang singkat selulosa berubah menjadi fraksi terlarut.

Suhu tinggi pada dinding sel bahan juga meningkatkan dehidrasi selulosa dan menurunkan kekuatan mekanis selulosa. Akibatnya, pelarut lebih mudah mengakses senyawa target dalam sel. Dalam kasus kerusakan sel akibat berbagai metode ekstraksi terhadap tembakau, metode MAE menunjukkan tingkat kerusakan sel yang lebih tinggi dibanding metode ekstraksi refluksasi panas (*heat-reflux*) akibat kenaikan suhu dan tekanan dalam sel secara signifikan. Perpindahan ion terlarut akibat radiasi gelombang mikro memudahkan penetrasi pelarut ke matriks bahan. Hal tersebut menyebabkan panas terlokalisasi. Akibatnya terjadi pengembangan volume dan perusakan terhadap sel.

Kelebihan MAE adalah waktu ekstraksi dan kebutuhan pelarut yang relatif rendah dibanding ekstraksi konvensional (Mandal, et al., 2007). Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2500MHz (2,5GHz) ini diserap oleh bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti pada oven biasa. Maka dari itu, prosesnya dilakukan sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap oleh bahan gelas, keramik dan sebagian jenis plastik. Dan adapula beberapa jenis bahan dapat diekstrak secara simultan dan menghasilkan hasil rendemen menyerupai performa SFE (*Supercritical Fluid Extravtion*). Sebaliknya, diperlukan kondisi ekstraksi yang tepat dalam menggunakan pelarut mudah terbakar ataupun ekstrakbersenyawa termolabil dalam pelarut berfaktor disipasi tinggi (Salas, et al., 2010).

**Tabel II.4** Perbandingan ekstraksi soxhletasi, UAE, MAE dan SFE

<b>Parameter</b>	<b>Soxhletasi</b>	<b>UAE</b>	<b>MAE</b>	<b>SFE</b>
<b>Berat bahan (gram)</b>	5-10	5-30	0,5-1	1-10

<b>Volume pelarut (ml)</b>	>300	300	10-20	5-25
<b>Suhu (°C)</b>	Titik didih	Ruang	40, 70, 100	50, 200
<b>Waktu</b>	1 jam	30 menit	30-45 menit	30-60 menit
<b>Tekanan (atm)</b>	Ruang	Ruang	1-5	150-650
<b>Konsumsi energi relatif</b>	1	0,05	0,05	0,25

(Jain, et al., 2009)

## II.5 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya (*State of the Art*)

Tabel II.5 State of The Art Ekstraksi Lipid Mikroalga dengan Berbagai Metode

Metode	Pelarut	Mikroalga		
		<i>Chlorella sp</i>	<i>Acutodes mus obliquus</i>	<i>Nannochloropsis oculata</i>
Konvensional	Campuran	Dai et al, 2014	Escorcim et al, 2018	
	Murni	Dai et al, 2014	Escorcim et al, 2018	
Gelombang Ultrasonik	Campuran	Dai et al, 2014	Escorcim et al, 2018	
	Murni	Dai et al, 2014	Escorcim et al, 2018	
Gelombang Mikro	Campuran	Dai et al,		Penelitian ini

		<b>2014</b>		
	<b>Murni</b>	<b>Dai et al, 2014</b>		<b>Penelitian ini</b>

1. Jurnal : “ *Study of the microwave lipid extraction from microalgae for biodiesel production* ”

Dai, dkk., melakukan penelitian ekstraksi lipid dari mikroalga kering menggunakan 3 metode yaitu metode konvensional, gelombang ultrasonik dan gelombang mikro dengan bantuan pelarut n-heptana, iso-propanol dan n-heptana/isopropanol (1:1 dan 1:2). Hasil yang diperoleh dari metode ekstraksi konvensional, ultrasonik dan bantuan gelombang mikro masing-masing sebesar 14%, 5% dan 18%. Lipid tertinggi diperoleh dengan menggunakan ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (*microwave extraction*) pada waktu ekstraksi selama 40 menit. Lebih lanjut, Dai dkk., menyimpulkan bahwa ekstraksi lipid mikroalga dengan bantuan gelombang mikro menggunakan katalis n-heptana/isopropanol memberikan hasil tertinggi hingga 30%.

2. Jurnal : “*Extraction of Acutodesmus obliquus lipids using a mixture of ethanol and hexane as solvent*”

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Escorsim, dkk., yaitu pada ekstraksi lipid mikroalga dari *Acutodesmus obliquus* dengan menggunakan campuran etanol dan heksana sebagai pelarut. Metode yang digunakan dalam mengekstrak minyak adalah dengan metode *soxhletasi extraction* dan *ultrasound-assisted extraction*. Metode tersebut menggunakan solvent etanol, heksana dan campuran etanol dan heksana dengan rasio volume 1:1, 2:1 dan 1:2. Dengan metode penelitian diatas mendapatkan yield sebesar 92% pada Soxhlet dan 59% pada *ultrasound-assisted extraction* yang menggunakan solvent campuran etanol dan heksana pada rasio volume 1:2. Hal tersebut menunjukkan yield

yang lebih tinggi dibandingkan dengan solvent murni, yaitu 24% dan 217% lebih tinggi pada etanol dan heksana dengan metode Soxhlet dan 55% dan 68% lebih tinggi pada etanol dan heksana dengan metode *ultrasound-assisted extraction*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Garis Besar Penelitian**

Proses ekstraksi lipid untuk menjadi bahan pembuatan biodiesel menggunakan mikroalga *Nannochloropsis oculata* ini menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction*. Gelombang *microwave* digunakan untuk mempercepat waktu reaksi. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan volume pelarut, daya *microwave* dan waktu reaksi. Hasil ekstraksi lipid kemudian dianalisis dengan Analisa GC.

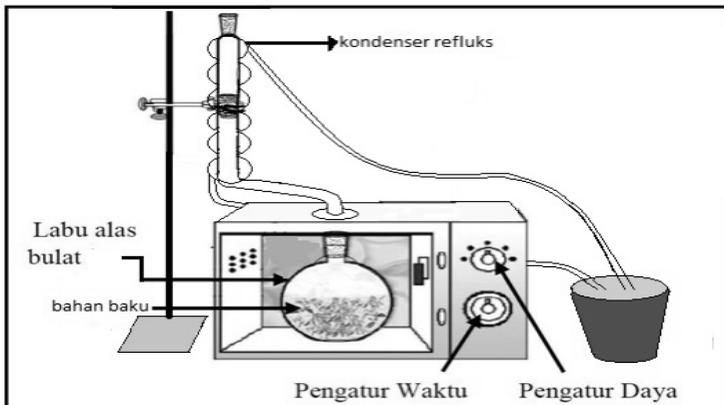
#### **III.2 Bahan dan Alat Penelitian**

##### **III.2.1 Bahan Penelitian**

1. Mikroalga *Nannochloropsis oculata*  
Mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang akan digunakan sebagai bahan baku didapatkan dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo dalam kondisi kering (*dry microalgae*)
2. N-Heksana  
Larutan ini digunakan sebagai solvent
3. Metanol (CH<sub>3</sub>OH)  
Metanol yang digunakan sebagai solvent dengan kadar 98%.

### III.2.2 Rangkaian untuk Proses Ekstraksi Lipid

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah *microwave Electrolux* model EMM2308X dengan frekuensi sebesar 2450 MHz dan daya maksimum sebesar 800 Watt. *Microwave* mempunyai panjang 50 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Ekstraksi dilakukan di dalam labu kaca leher satu dan dilengkapi dengan kondensor. Rancangan peralatan yang digunakan pada proses ekstraksi seperti pada Gambar III.1:



**Gambar III.1.** Rangkaian Alat *Microwave Assisted Extraction*

### III.3 Prosedur Penelitian

Tahapan prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Menimbang bahan baku mikroalga *Nannochloropsis oculata* kering sebanyak 5 gram.
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang kedalam labu leher satu.
4. Mencampurkan pelarut sesuai variabel kedalam labu leher satu dengan volume yang telah ditentukan.
5. Larutan mikroalga dan pelarut dipanaskan didalam *microwave* sesuai variabel waktu dan daya.
6. Setelah larutan diatas selesai dipanaskan, labu leher satu

- dikeluarkan dan dibiarkan sampai dengan suhu ruangan.
7. Memisahkan minyak dengan menggunakan corong buchner dan kertas saring dengan bantuan pompa vakum.
  8. Melakukan penguapan dengan dipanaskan pada heater.
  9. Menimbang botol yang berisikan crude lipid dan melakukan Analisa GC.

### **III.4 Variabel Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel pelarut, yaitu metanol dan campuran metanol–n-heksana. Setiap pelarut memiliki variabel volume yang berbeda. Variabel volume yang digunakan pada setiap pelarutnya adalah sebagai berikut :

#### **III.4.1 Pelarut Metanol**

Variabel penelitian pada pelarut ini adalah sebagai berikut:

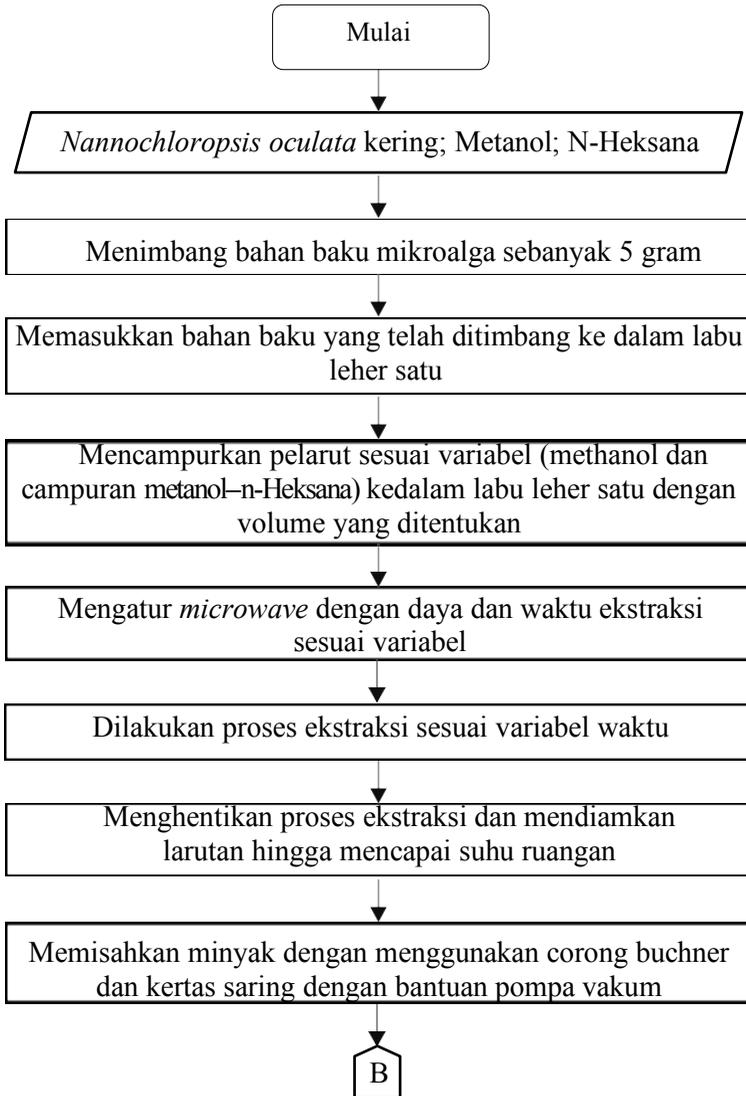
Volume Metanol (ml)	: 30; 45; 60; 75
Daya <i>microwave</i> (watt)	: 300; 450; 600
Waktu Ekstraksi (menit)	: 10; 20; 30; 40; 50; 60

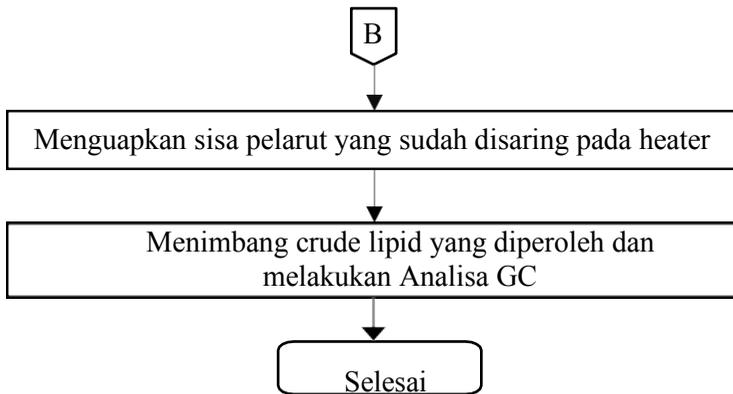
#### **III.4.2 Pelarut Campuran Metanol–n-Heksana**

Variabel penelitian pada pelarut ini adalah sebagai berikut:

Volume Metanol–n-Heksana (ml)	: 30-15; 30-30; 30-45
Daya <i>microwave</i> (watt)	: 300; 450; 600
Waktu Ekstraksi (menit)	: 10; 20; 30; 40; 50; 60

### III.5 Flowchart Prosedur Penelitian





### III.6 Analisa Data

Minyak yang diperoleh dari ekstraksi lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan metode *Microwaved-Assisted Extraction* akan dianalisa dengan beberapa pengukuran untuk mengetahui kadar dan kualitas.

1. %Yield Crude Lipid

$$\text{Yield Crude Lipid} = \frac{\text{massa crude lipid}}{\text{massa mikroalga kering}} \times 100\%$$

2. GC (Gas Chromatography)

Uji analisa GC dilakukan untuk mengetahui kandungan dan komposisi dari hasil sampel terbaik dari ekstraksi lipid mikroalga *Nannochloropsis oculata*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

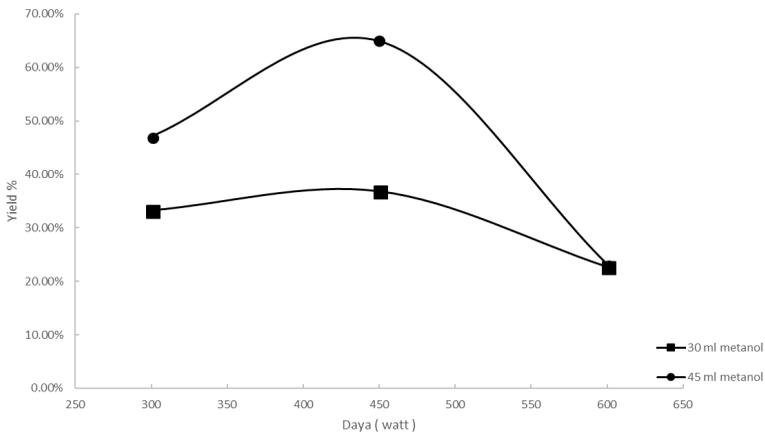
Penelitian ekstraksi crude lipid dari mikroalga *Nannochloropsis oculata* menggunakan metode ekstraksi Microwave assisted. Bahan baku penelitian berupa mikroalga yang dikeringkan dengan bentuk powder yang didapat dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo. Mikroalga tersebut digunakan karena memiliki kandungan lipid yang tinggi sehingga mempunyai potensi untuk dijadikan bahan baku trigliserida dan FFA yang merupakan bahan untuk pembuatan bahan bakar nabati biodiesel.

Umumnya penelitian yang melakukan ekstraksi minyak dari mikroalga masih menghasilkan *yield* dibawah 50% dan produk mengandung pengotor pigmen klorofil (Pan J., 2016). Klorofil dan magnesium yang terikat merupakan kontaminan untuk minyak alga dan dapat menurunkan kualitas minyak sebagai bahan baku untuk biodiesel. Banyak metode yang telah digunakan untuk memperoleh hasil ekstrak terbaik dari bahan baku mikroalga seperti *super critical fluid*, *pyrolysis*, *ultrasound*, dan ekstraksi *microwave*. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Sathish (2012) menunjukkan bahwa metode ekstraksi dengan *microwave* lebih unggul dan menguntungkan dibandingkan dengan metode *super critical fluid*, *pyrolysis* dan *ultrasound*. Proses ekstraksi tidak membutuhkan waktu yang lama, tidak membutuhkan konsumsi energi yang banyak, ramah lingkungan, dan yang terpenting menghasilkan *yield* yang tinggi dengan produk yang lebih bersih serta tidak menghasilkan limbah yang berbahaya (Helmy Purwanto, 2010). Metode ekstraksi dengan *microwave* dianggap sebagai teknologi yang paling sederhana dan paling efektif untuk ekstraksi lipid mikroalga dibanding beberapa metode lain.

## IV.1 Hasil Ekstraksi Lipid Mikroalga Menggunakan Microwave Assisted Method

### IV.1.1 Pengaruh Daya Terhadap *Yield Crude Lipid* Mikroalga

Penelitian ekstraksi minyak dari mikroalga sangat dipengaruhi oleh daya yang digunakan pada proses pemanasan *microwave*. Variabel daya yang digunakan pada penelitian ini adalah 300, 450 dan 600 watt. Berdasarkan Gambar IV.1 pengaruh daya terhadap *yield crude lipid* mikroalga pada waktu sama 60 menit, didapatkan *yield* tertinggi pada daya 450 watt, baik pada volume 30 ml dan 45 ml methanol yaitu 36,9% dan 64,9% sedangkan untuk daya 300 watt didapatkan *yield* 33,32% dan 47,06% pada volume 30 ml dan 45 ml metanol. Pada daya 600 watt, *yield* yang diperoleh mengalami penurunan dari pada daya 450 watt yaitu 22,72% dan 23,16% pada volume 30 ml dan 45 ml metanol.



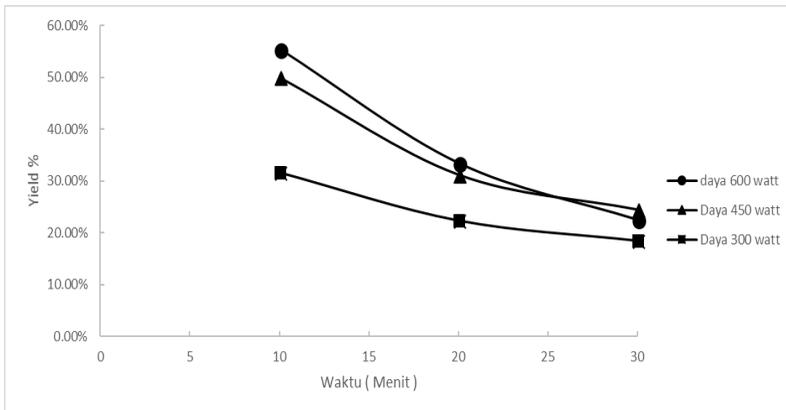
**Gambar IV.1** Pengaruh daya terhadap *yield crude lipid* mikroalga pada waktu 60 menit

Dalam proses ekstraksi panas dari gelombang mikro berguna untuk memecah struktur membrane sel alga, sehingga minyak dapat terdifusi keluar dan larut dalam pelarut. Pada umumnya efisiensi ekstraksi akan berbanding lurus dengan daya

yang digunakan *microwave*. Meningkatnya efisiensi pada daya rendah dicapai pada ekstraksi dengan durasi yang singkat. Namun demikian, pada daya yang lebih tinggi variasi daya tidak memberikan pengaruh nyata pada *yield* ekstraksi (Gao, 2006). Pada penelitian ini hasil terbaik diberikan pada ekstraksi dengan daya *microwave* yang sedang yakni 450 watt. Semakin tinggi daya yang digunakan, maka perolehan ekstrak semakin menurun. Kenaikan daya pada *microwave* dapat menyebabkan kerusakan pada substansi organik dari mikroalga seperti trigliserida. Semakin besar daya *microwave* yang digunakan akan memberikan *yield* minyak mikroalga semakin turun. Hal ini disebabkan karena pada suhu operasi yang semakin tinggi seiring dengan semakin besarnya daya *microwave* yang digunakan dapat menyebabkan terjadinya degradasi thermal terhadap minyak mikroalga (M. Chemat, 2011).

#### **IV.1.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap *Yield Crude Lipid* Mikroalga**

Waktu ekstraksi yang terlalu lama dapat mengakibatkan pemanasan berlebih, perusakan sel, hilangnya pelarut dengan jumlah besar, dan hilangnya energi pada proses (Patil, et al., 2011). Pada penelitian ini digunakan waktu ekstraksi 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Namun, pada grafik hanya ditinjau pada waktu 10, 20 dan 30 menit, dikarenakan pada range waktu tersebut hasil *yield crude lipid* lebih konstan. Pada gambar IV.2 didapatkan *yield* tertinggi saat waktu ekstraksi 10 menit yaitu 55,48% pada daya 600 watt dan volume pelarut 30 ml metanol. Sedangkan *yield* terendah didapatkan pada saat daya 300 watt dengan waktu 30 menit dan volume pelarut 30 ml metanol sebesar 18,51%.



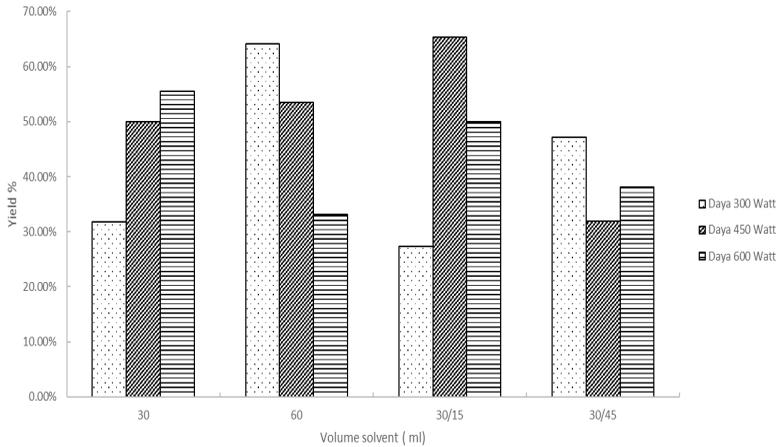
**Gambar IV.2** Pengaruh waktu terhadap *yield crude lipid* mikroalga pada volume 30 ml

Dari gambar IV.2 membuktikan bahwa waktu yang optimum untuk mengekstraksi minyak terjadi pada pemanasan selama 10 menit untuk setiap daya yaitu 300, 450 dan 600 watt. Hal ini dikarenakan jika pemanasan lebih lama maka akan terjadi penurunan nilai *yield*. Hal tersebut disebabkan semakin lama dan intens proses ekstraksi dengan microwave maka lipid mikroalga yang terekstrak akan mengalami kerusakan yang disertai dengan turunnya nilai *yield crude lipid*.

#### **IV.1.3 Pengaruh Volume Solvent Terhadap *Yield Crude Lipid* Mikroalga**

Volume *solvent* yang digunakan pada penelitian ini adalah 30, 45, 60, dan 75 ml untuk pelarut Metanol. Sedangkan untuk volume *solvent* campuran Metanol dan N-Heksana adalah 30/15, 30/30 dan 30/45 ml. Berdasarkan hasil ekstraksi didapatkan *yield crude lipid* mikroalga tertinggi didapatkan pada daya 450 watt dengan *yield* 64,92%, Sedangkan untuk daya 300 dan 600 watt Didapatkan *yield* maksimal masing-masing sebesar 64,09% dengan volume pelarut 60 ml metanol dan pada daya 600 watt didapatkan *yield* maksimal sebesar 55,48% dengan volume pelarut

45 ml metanol.

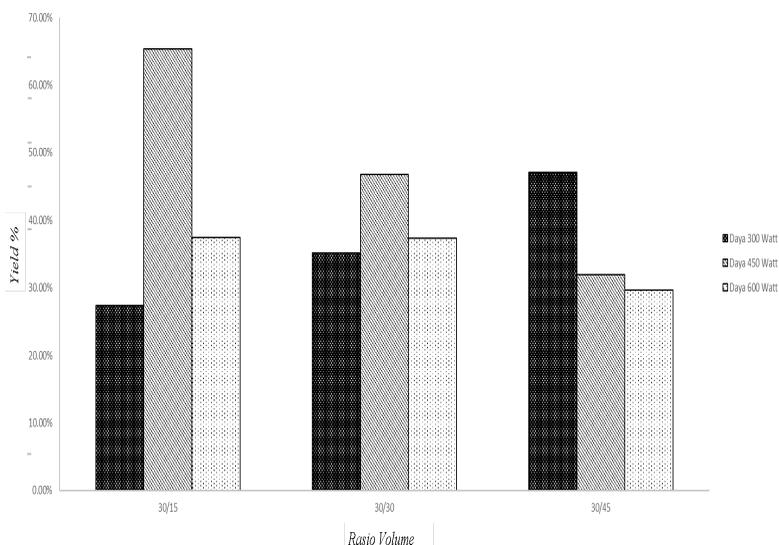


**Gambar IV.3** Pengaruh volume terhadap *yield crude* lipid mikroalga

Volume yang digunakan akan berpengaruh terhadap *yield crude* lipid mikroalga yang didapatkan. Pada umumnya diperlukan volume berbanding 1:3 untuk proses ekstraksi. Penggunaan volume pelarut yang berlebihan akan menyebabkan biaya produksi akan meningkat, sebaliknya bila digunakan volume pelarut yang sedikit maka lipid hasil ekstraksi yang terikat akan semakin terbatas. Demikian dibutuhkan volume pelarut yang optimal untuk melakukan proses ekstraksi secara efisien. Pada penelitian ini didapatkan volume pelarut optimal adalah 60 ml dengan rata-rata yield tertinggi pada setiap daya yang digunakan yaitu 50,24 %. Pelarut tunggal metanol menghasilkan nilai yield yang lebih baik dibandingkan pelarut campuran. Hal tersebut dikarenakan sifat metanol merupakan senyawa polar yang lebih membasahi mikroalga kering dibandingkan dengan n-heksana.

#### IV.1.4 Pengaruh Volume Solvent Metanol – N-Hexane Terhadap Yield Crude Lipid Mikroalga

Rasio volume pelarut Metanol dan N-Hexane merupakan perbandingan antara campuran yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan volume solvent metanol/n-heksana 30/15, 30/30, dan 30/45 ml. Didapatkan nilai *yield* tertinggi pada saat rasio volume pelarut campuran metanol/n-heksana 30/15 ml dengan *yield* mencapai 65,34 %.



**Gambar IV.4** Pengaruh volume *solvent* campuran terhadap *yield crude lipid* mikroalga

Campuran methanol dan N-heksana dipilih karena pada penelitian sebelumnya campuran ethanol dan N-hexane menghasilkan nilai *yield* yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan solvent tunggal. Pertimbangan lain yang digunakan adalah sifat polar dan non-polar zat tersebut. Metanol merupakan senyawa polar dibandingkan dengan N-Heksana. Perbedaan

kepolaran kedua zat tersebut berdampak terhadap kelarutan lipid yang akan diekstraksi. Pada umumnya komposisi lipid mikroalga memiliki kepolaran yang berbeda-beda. Dengan demikian nilai kepolaran kedua zat yang berbeda tersebut diharapkan dapat menyerap lipid yang lebih banyak. Didapatkan nilai *yield* yang tinggi pada campuran *solvent* dengan volume n-heksana yang paling sedikit yaitu 30/15 ml. Hal tersebut terjadi karena digunakan mikroalga kering, dimana volume metanol lebih besar dan dapat lebih membasahi dibandingkan dengan n-heksana.

#### **IV.2 Hasil Penelitian Ekstraksi minyak**

Pada penelitian ekstraksi mikroalga dengan bantuan *microwave* pada umumnya didapatkan hasil dengan tekstur menyerupai *slurry* dengan pengotor pigmen klorofil yang masih terdapat pada minyak. Terbentuk pula garam kristal yang merupakan pengotor dari hasil ekstraksi. Garam tersebut diperkirakan terbentuk karena bahan baku mikroalga yang berasal dari habitat air payau yang kemudian dikeringkan, sehingga menyimpan kandungan garam yang cukup banyak. Terbentuknya garam menyebabkan hasil *yield* yang diperoleh dapat menjadi lebih tinggi dengan tingkat kemurnian lipid yang rendah.



**Gambar IV.5** Terbentuknya garam pada hasil ekstraksi

Pada penelitian dengan variabel daya 300 watt lipid yang dihasilkan berupa fosfolipid. Fosfolipid merupakan lipid yang

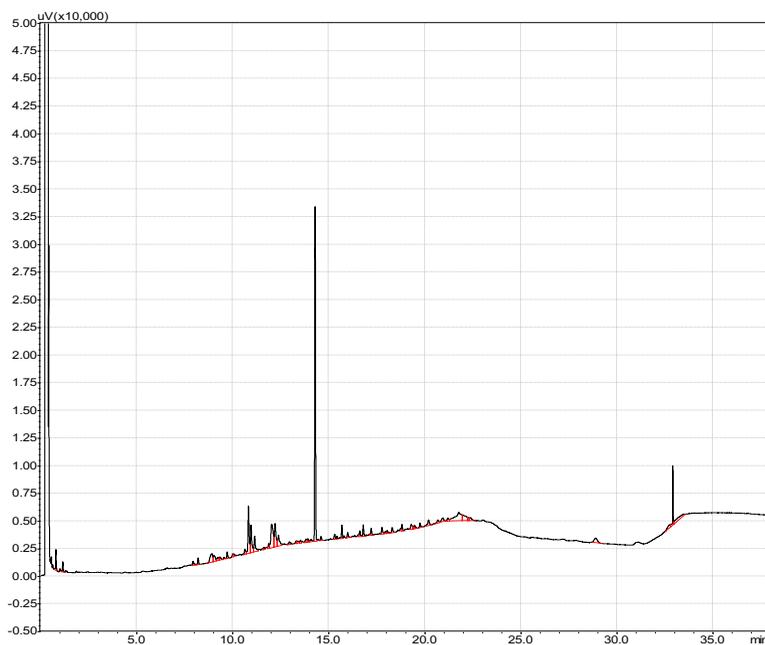
mengandung gugus polar, lipid kompleks yang terbentuk dari gliserol, asam lemak, alkohol amino, dan gugus fosfat (Page, et al., 1989). Dilihat dari tren data penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi daya maka semakin menurun *yield* lipid. Fosfolipid mendominasi lipid yang dihasilkan oleh variabel daya 300 watt. Hal ini disebabkan fosfolipid merupakan penyusun membran sel mikroalga. Saat ekstraksi dengan variabel daya 450 watt mulai terjadi pemecahan membran sel yang lebih memungkinkan untuk menembus dan membuat kontak antara pelarut dan lipid. Hal ini terbukti pada penelitian dengan daya 450 watt didapatkan lipid berwujud minyak yang kental. Variabel daya 450 watt mampu menghasilkan lipid dalam bentuk minyak karena suhu pada daya tersebut mulai stabil. Penelitian dengan variabel daya 600 watt membuktikan bahwa semakin tinggi daya maka semakin banyak membran sel yang rusak dan semakin banyak lipid yang dapat terekstrak. Lipid yang dihasilkan berupa lipid cair yaitu minyak. Efek gelombang mikro yang luas menyebabkan terjadinya penetrasi pelarut melewati dinding sel dan kemudian menyebabkan sel pecah dan mengeluarkan minyak. Semakin lama waktu ekstraksi maka semakin tinggi dan stabil suhu didalam *microwave*, tetapi semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu ekstraksi menimbulkan terjadinya *thermal degradation* yaitu perusakan minyak yang disebabkan oleh degradasi termal. Berdasarkan uji analisa GC kandungan terbanyak pada lipid adalah FFA dan Trigliserida.

### **IV.3 Karakteristik Lipid Mikroalga.**

#### **IV.3.1 Hasil Analisa GC-MS Mikroalga.**

Setelah dilakukan ekstraksi lipid, selanjutnya melakukan analisa *Gas Chromatography* (GC) untuk hasil tersebut. Analisa GC bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen yang terkandung di dalam lipid terutama komponen asam lemak yang akan menjadi suatu acuan dalam penentuan molar metanol untuk tahapan pembuatan biofuel selanjutnya. Analisa kuantitatif dilakukan dengan Shimadzu GC-2010 gas chromatography

(Kyoto, Japan) yang dilengkapi dengan *flame ionization detector*. Separasi dilakukan dengan ZB-5HT (5%-phenyl)-methylpolysiloxane non-polar *column* (15 m x 0,32 mm i.d.; dengan ketebalan film 0,1  $\mu\text{m}$ ). Temperatur injektor dan detector diatur pada suhu 370  $^{\circ}\text{C}$ . Temperatur kolom dimulai pada 80  $^{\circ}\text{C}$  meningkat menuju 305  $^{\circ}\text{C}$  dengan laju 15 $^{\circ}\text{C}/$  menit, kemudian menuju 335  $^{\circ}\text{C}$  dengan laju 5  $^{\circ}\text{C}/$  menit dan dijaga pada suhu 335  $^{\circ}\text{C}$  selama 5 menit. Selanjutnya, temperatur kolom ditingkatkan menuju 365  $^{\circ}\text{C}$  dengan laju 15  $^{\circ}\text{C}/$  menit. *Split ratio* 1:50 menggunakan nitrogen sebagai *carrier gas* dengan laju linier 30 cm/ s pada 80  $^{\circ}\text{C}$ . Sampel sebanyak 20 mg dilarutkan dalam 1mL etil asetat, dan 1  $\mu\text{L}$  sampel diambil dan diinjeksikan ke dalam GC.



**Gambar IV.6** Hasil Analisa *Gas-Chromatography* pada minyak mikroalga

Berdasarkan hasil Analisa GC pada daya 600 watt, waktu ekstraksi 60 menit dan volume pelarut 30 ml metanol diketahui komposisi lipid tertinggi adalah FFA yaitu sebesar 16,43% disusul dengan Digliserida sebesar 11,49% dan Trigliserida sebesar 5,73%. Demikian total lipid yang didapat pada hasil ekstraksi adalah 36.34%. (Widyastuti, et al., 2015).

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

1. Metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dapat digunakan untuk mengekstrak mikroalga *Nannochloropsis oculata*.
2. Jenis dan volume pelarut mempengaruhi *yield crude* lipid mikroalga. Pada waktu 60 menit, volume optimal pada proses ekstraksi adalah 45 ml pada pelarut metanol dengan *yield crude* lipid 64,90%. Sedangkan untuk pelarut campuran pada daya 450 watt didapatkan volume campuran optimal adalah 30 ml Metanol dan 15 ml N-Heksana dengan *yield crude* lipid 65,34%. Semakin besar volume pelarut didapatkan nilai *yield crude* lipid yang semakin tinggi.
3. Daya pada proses ekstraksi mempengaruhi *yield crude* lipid mikroalga yang dihasilkan. Didapatkan daya optimal proses ekstraksi adalah 450 watt dengan *yield crude* lipid 64,90%. Semakin besar daya didapatkan nilai *yield crude* lipid yang semakin turun.
4. Waktu ekstraksi mempengaruhi *yield crude* lipid mikroalga yang dihasilkan. Waktu ekstraksi optimal adalah 10 menit untuk setiap daya dengan *yield crude* lipid tertinggi pada daya 600 watt yaitu 55,48%. Semakin lama waktu ekstraksi didapatkan nilai *yield crude* lipid yang semakin rendah.

#### **V.2 Saran**

1. Untuk kedepannya dalam pengembangan potensi mikroalga sebagai bahan baku biodiesel dapat dibuat penelitian model kinetika proses ekstraksi mikroalga. Sehingga kelak dapat dilakukan *scale up* untuk skala industri.
2. Penelitian dapat dilakukan menggunakan berbagai macam spesies mikroalga yang berpotensi di Indonesia, sehingga diketahui *strain* mikroalga yang paling optimal untuk

dieksplorasi menjadi bahan baku biodiesel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Abdul Latif, Nur Hidayah Mat Yasin, C.J.C. Derek, dan J.K. Lim. 2011. "*Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review*". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 584-593.
- Barsanti, L., dan P. Gualtieri. 2006. "*Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*". Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Belarbi, E-H, E Molina Grima, dan Y Chisti. 2000. "*A process for high yield and scalable recovery of high purity eicosapentaenoic acid esters from microalgae and fish oil*". *Enzyme Microb Technol*, 26: 516-529.
- Calinescu, I., C. Ciuculescu, M. Popescu, S. Bajenaru, dan G. Epure. 2001. "*Microwaves Assisted Extraction of Active Principles from Vegetal Material*". *Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering*, 12: 1-6.
- Campbell, M N. 2008. "*Biodiesel: Algae as a Renewable Source for Liquid Fuel*". *Guelph Engineering Journal*, 1: 2 – 7.
- Cheng, Jun, Rui Huang, Tao Li, Junhu Zhou, dan Kefa Cen. 2014. "*Biodiesel from wet microalgae: Extraction with hexane after the microwave-assisted transesterification of lipids*". *Bioresource technology*, 170: 69-75.
- Chisti, Yusuf. 2007. "*Biodiesel from microalgae*". *Biotechnology Advances*, 25: 294-306.
- Dai, Yong-Ming, Kung-Tung Chen dan Chiing-Chang Chen. 2014. "*Study of the microwave lipid extraction from microalgae for biodiesel production*". *Chemical Engineering Journal*. 250. 267-273.
- Diharmi, Andarini. 2001. "Pengaruh Pencahayaan terhadap Kandungan Pigmen Bioaktif Mikroalga *Spirulina platensis* Strain Lokal (INK)". Bogor: IPB Press.
- Escorsim, Alexis M., Grazielli da Rocha, José V.C. Vargas, André

- B. Mariano, Luiz P. Ramos, Marcos L. Corazza, dan Claudiney S. Cordeiro. 2018. "*Extraction of Acutodesmus obliquus lipids using a mixture of ethanol and hexane as solvent*". *Biomass and Bioenergy*. 108. 470-478.
- Fachrullah, M.R. 2011. "Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka". Bogor: IPB Press.
- Gao, M., Song, B., Lin, C. 2006. "*Dynamic Microwave Assisted Extraction Of Flavonoids From Saussurea Medusa Maxim.*" *Cultured Cells, Biochemical Engineering Journal*, 332: 79-83.
- Garcia. 2004. "*Biodiesel from Algae Oil with High Free Fatty Acid over Amphiphilic Solid Acid Catalyst*". *Chemical Engineering Transactions*. 43. 595-600.
- Gennady, Ananyev, Damian Carrieri, dan G. Charles Dismukes. 2008. "*Optimization of metabolic capacity and flux through enviromental cues to maximize hydrogen production by cyanobacterium "Arthospira (Spirulina) maxima"*". *Applied and Environmental Microbiology*. 74 (19): 6102-6113.
- Halim. 2011. "Efektivitas dari Beberapa Metode Ekstraksi *Biodiesel Production from Biomass of Chlamydomonas sp.*". *Cultivated in a Cheap Culture Media: 0*, 269-276.
- Helmy Purwanto, Indah Hartati, Laeli Kurniasari. 2010. "*Pengembangan Microwave Assisted Extraction (MAE) Pada Produksi Minyak Jahe Dengan Kadar Zingiberene Tinggi*". Semarang: Universitas Wahid Hasyim.
- Hoek, Christiaan, Hoeck Van den Hoeck, David Mann, dan H. M. Jahns. 1995. "*Algae: An Introduction to Phycology*". Melbourne: Cambridge University Press.
- Hossain, A. B. M. S., A. Salleh, A. N. Boyce, P. Chowdhury, dan M. Naquiddin. 2008. "*Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy*". *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 250-254.

- Jain, T., V. Jain, R. Pandey, A. Vyas, and S. S. Shukla. 2009. "Microwave Assisted Extraction for Phytoconstituents – An Overview". *Asian Journal Research Chemistry*, 2(1): 19-25.
- Kawaroe, M., T. Prartono, A. Sunuddin, D.W. Sari, dan D Augustine. 2010. "Mikroalga:Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar". Bogor: IPB Press.
- Khan, Shakeel A., Rashmi, Hussain, Mir Z., Prasad S., Banerjee, U.C. 2009. "Prospects of biodiesel production from microalgae in India". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (9): 2361-2372.
- Kristanti, Wulan Ari, Satwiko S., Fachrizal, Noor. 2012. "Ekstraksi Minyak Nabati dari Mikroalga *Scenedesmus* sp. Menggunakan Gelombang Ultrasonik". Jakarta: Balai Besar Teknologi Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Lee. 2012. "Fuel Characteristics of Biodiesel Produced from a High-Acid Oil from Soybean Soapstock by Supercritical-Methanol Transesterification". *Energies* 5: 2370-2380.
- Liang, H., Z. Hu, dan M. Cai. 2008. "Desirability Function Approach for the Optimization of Microwave-assisted Extraction of Saikosaponins from *Radix bupleuri*". *Separation and Purification Technology*, 61 (3): 266-275.
- M. Chemat, F., Farhat, A., Fabiano-Tixier, A-S., Maataoui, M. E., Maingonnat, J-F., Romdhane. 2011. "Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: Kinetic data, extract's global yield and mechanism." *Food Chemistry*. 125 (1): 255-261.
- Mandal, Vivekananda, Yogesh Mohan, dan S. Hemalatha. 2007. "Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research". *Pharmacognosy Reviews*, 1:7-18.
- Ngali, Y. 2009. "Biokimia Metabolisme dan Bioenergetika". Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Page, C.P., and A.J. Coyle. 1989. "The interaction between PAF, platelets and eosinophils in bronchial asthma." *Eur. Respir. J. Suppl.* 2. 483-487.
- Pan J., Muppaneni T., Sun Y., Reddy H. K., Fu J., Lu X., Deng S. 2016. "Microwave- assisted extraction of lipids from microalgae using an ionic liquid solvent ([BMIM][HSO<sub>4</sub>]." *Fuel*, 178, 49-55.
- Patil, P.D., V. G. Gude, Mannarswamy A., Deng S., Cooke P., Munson-Mcgee S., Rho I., P. Lammers, and N. Nirmalakhandan. 2011. "Optimization of direct conversion of wet algae to biodiesel under supercritical methanol conditions." *Bioresource Technol.* 102 (1): 118-122.
- Purwadi, Ronny. 2006. "Continuous ethanol production from dilute-acid hydrolyzates: Detoxification and fermentation strategy". *Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola.* 1-72.
- Quitain, Armando T., Shunsaku Katoh, dan Motonobu Goto. 2011. "Microwave-Assisted Synthesis of Biofuels, Biofuel Production-Recent Developments and Prospects". Croatia: Intech.
- Salas, P. G., M. S. Aranzazu, S. C. Antonio, dan F. G. Alberto. 2010. "Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples". *Molecules.* 15. 8813-8826.
- Schenk, Peer M., Skye R. Thomas-Hall, Evan Stephens, Ute C. Marx, Jan H. Mussgnug, Clemens Posten, Olaf Kruse, dan Ben Hankamer. 2008. "Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production". *Bioenergy Research*, 1 (1): 20-43.
- Sulistyo, H., S. S. Rahayu, I. M. Suardjaja, dan U. H. Setiadi. 2009. "Crude Candlenut Oil Ethanolysis to Produce Renewable Energy at Ambient Condition". I. 20-23.
- Toma, Maricela, Mircea Vinatoru, dan Timothy Mason. 1999. "Ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from plants and their constituents". 209-248.

Widyastuti, Catur Rini dan Ayu Candra Dewi. 2015. "Sintesis Biodiesel dari Minyak Mikroalga *Chlorella vulgaris* Dengan Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis KOH". *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4 (1): 27-34.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## APPENDIKS A CONTOH PERHITUNGAN

Semua contoh perhitungan dari data variabel mikroalga kering dengan massa 5 gram dengan daya 300 watt dengan menggunakan waktu ekstraksi total 10 menit

### A.1 Analisa *Yield Crude Lipid*

1. Menimbang gelas ukur kosong yang dinotasikan sebagai (A gr)
2. Menimbang gelas ukur yang telah diisi minyak yang dinotasikan sebagai (B gr)
3. Menghitung berat minyak (gr) dengan selisih :  
Berat minyak (gr) = B-A
4. Menghitung yield crude lipid dengan rumus :

$$\%Yield = \frac{\text{Massa lipid yang diperoleh}}{\text{Massa mikroalga kering yang digunakan}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada variabel ini adalah :

1. Berat bahan baku *Microalgae* bubuk = 5 gr
2. Berat botol kosong = 17,59 gr
3. Berat botol berisi minyak = 18,95 gr
4. Berat crude lipid yang diperoleh = (17,59-18,95) gram = 1,36 gram
5.  $\%Yield = \frac{1,36}{5} \times 100\% = 27,34\%$

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## APPENDIKS B DATA HASIL PENELITIAN

### B.1 Data Pelarut Metanol

Daya	Waktu	Volume Pelarut	Berat Vial	Berat Vial + Lipid	Yield
300	10	30	17,4208	19,0062	31,71%
		60	17,3369	20,5416	64,09%
	20	75	11,3463	12,0280	13,63%
		30	11,3363	12,4568	22,41%
	30	30	11,2563	12,1816	18,51%
		45	11,2563	13,4826	44,53%
		60	17,5094	19,5425	40,66%
	40	45	13,463	15,3276	37,29%
	50	45	17,664	20,9484	65,69%
	60	30	11,4322	13,0981	33,32%
		45	11,5022	13,8553	47,06%
	450	10	30	17,4748	19,9761
60			11,3731	14,0498	53,53%
20		30	11,3663	12,9293	31,26%
30		45	11,4712	13,2007	34,59%
		30	11,3866	12,6127	24,52%
40		45	17,4279	20,1734	54,91%
50		45	17,4104	19,3457	38,71%
60		30	11,4712	13,3164	36,90%
		45	11,5712	14,8164	64,90%
600	10	30	17,516	20,2900	55,48%
		60	17,3367	18,9924	33,11%

	20	75	17,3355	19,0474	34,24%
		30	11,4453	13,1223	33,54%
	30	30	13,2531	14,3841	22,62%
		45	11,3463	14,1509	56,09%
	40	45	11,1286	14,2476	62,38%
	50	45	11,3824	13,8621	49,59%
	60	30	11,4513	12,5871	22,72%
		45	11,1405	12,2986	23,16%

## B.2 Data Pelarut Campuran Metanol dan n-Heksana

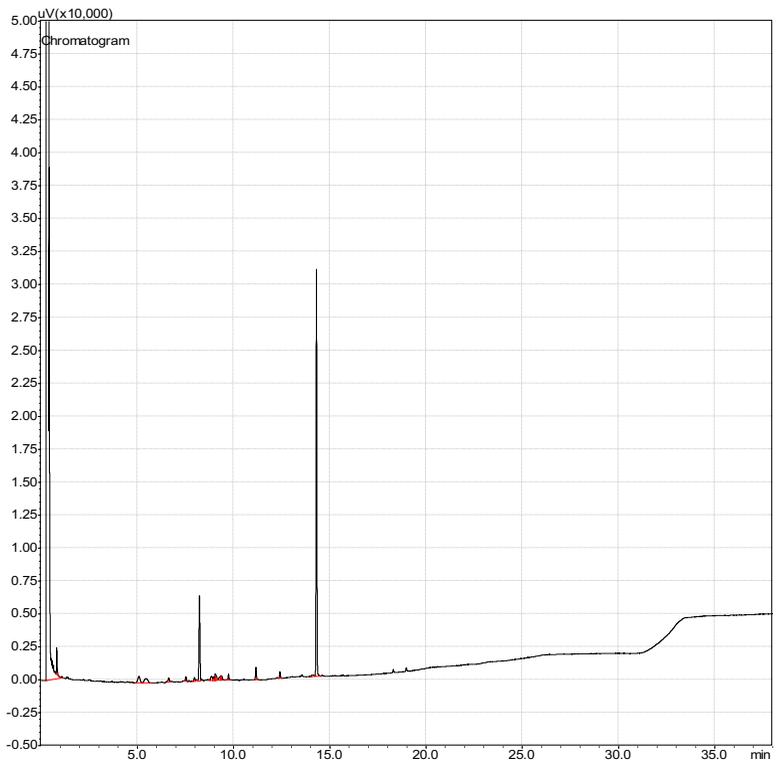
Daya	Waktu	Volume Pelarut (metanol/n-heksana)	Berat Vial	Berat Vial + Lipid	Yield
300	10	30/15	17,5919	18,9591	27,34%
		30/45	17,3184	19,6731	47,09%
450	10	30/15	17,3154	20,5822	65,34%
		30/30	17,2917	19,7602	49,37%
		30/45	17,3529	18,9493	31,93%
600	10	30/15	11,4753	13,9730	49,95%
		30/30	17,8162	19,7487	38,65%
		30/45	11,1435	13,0519	38,17%
	30	30/15	13,2456	14,8131	31,35%
		30/45	11,4766	12,8585	27,64%
	40	30/15	11,3234	12,2898	19,33%
		30/45	17,5884	18,5761	19,75%
	60	30/15	11,0209	12,8907	37,40%

		30/30	10,9894	12,8563	37,34%
		30/45	11,0911	12,5743	29,66%

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

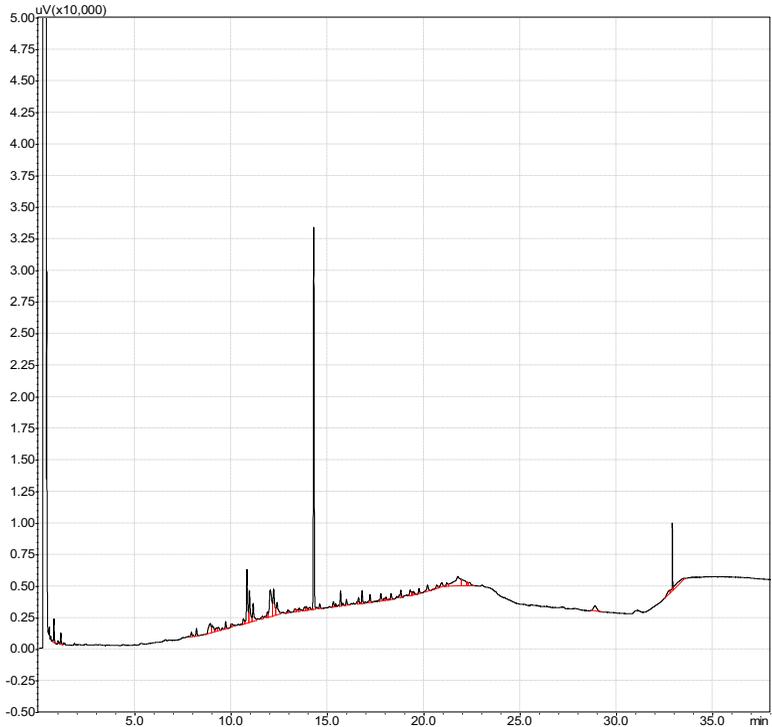
## APPENDIKS C HASIL ANALISA GC

- Hasil Analisa GC Lipid Mikroalga *Nannochloropsis oculata* pada daya 450 watt, waktu 30 menit dan volume pelarut 45 ml metanol



Peak#	Area	Ret. Time	Conc.	Area%	Height
1	4574,3	5,081	3,22687	3,2269	534,6
2	4518,7	5,457	3,18764	3,1876	366,3
3	1751,4	6,629	1,23549	1,2355	359,1
4	1414,9	7,523	0,99809	0,9981	381,4
5	1309,8	7,965	0,92396	0,924	324,5
6	23734,8	8,225	16,74324	16,7432	6491,5
7	2362,2	8,834	1,66634	1,6663	350,4
8	1211,1	8,956	0,85432	0,8543	331,1
9	1961,5	9,045	1,38373	1,3837	527
10	1347,1	9,101	0,95031	0,9503	406,9
11	1845,6	9,292	1,30197	1,302	291,1
12	1039,9	9,344	0,73358	0,7336	367,6
13	1242,2	9,39	0,8763	0,8763	332,4
14	1357,8	9,734	0,9578	0,9578	430,2
15	2695,8	11,158	1,90169	1,9017	910,5
16	1624,8	12,407	1,14617	1,1462	507,7
17	1065,9	14,133	0,7519	0,7519	118,2
18	86699,7	14,305	61,16057	61,1606	30570,8

**- Hasil Analisa GC Lipid Mikroalga *Nannochloropsis oculata* pada daya 600 watt, waktu 60 menit dan volume pelarut 30 ml metanol**



Peak#	Area	Ret. Time	Conc.	Area%	Height
1	3437,2	0,798	1,18018	1,1802	1742,5
2	2398,1	1,159	0,8234	0,8234	909,3
3	1401,5	7,936	0,48122	0,4812	359
4	2201,6	8,199	0,75592	0,7559	616,1
5	7302,6	8,921	2,50739	2,5074	758,9

6	3843,9	9,021	1,31984	1,3198	581,5
7	1921,9	9,23	0,65991	0,6599	298,9
8	1673,6	9,323	0,57463	0,5746	299,9
9	2074,1	9,711	0,71215	0,7122	575,2
10	1012,3	10,048	0,34757	0,3476	251,6
11	2318,2	10,631	0,79598	0,796	440
12	17957,9	10,819	6,16595	6,1659	4216,3
13	11288,4	10,951	3,87592	3,8759	2476
14	6836,7	11,141	2,34742	2,3474	1421
15	1003	11,622	0,34437	0,3444	193,2
16	1757	11,875	0,60329	0,6033	420,6
17	18290,3	12,025	6,28006	6,2801	2131,9
18	11979,2	12,206	4,11312	4,1131	2109
19	6842,7	12,383	2,34947	2,3495	985,8
20	1142,6	12,946	0,39233	0,3923	230,8
21	1151,7	13,339	0,39543	0,3954	250,9
22	1217,8	13,525	0,41814	0,4181	288,1
23	1738,9	13,819	0,59707	0,5971	316,8
24	1391,4	13,91	0,47773	0,4777	302,2
25	1554,3	14,081	0,53367	0,5337	207,7
26	86153,2	14,285	29,58116	29,5812	30015,9
27	1505,1	14,594	0,51678	0,5168	374,7
28	1780,1	15,305	0,61122	0,6112	428,5
29	3915,7	15,679	1,34446	1,3445	1185,1
30	2139,2	15,981	0,7345	0,7345	485,3
31	2284,5	16,61	0,78438	0,7844	533,3
32	3413,4	16,792	1,172	1,172	1015,9
33	2392,9	17,205	0,82162	0,8216	612
34	2543	17,768	0,87315	0,8731	584

35	1027,5	17,945	0,35281	0,3528	194,5
36	1133,7	18,035	0,38927	0,3893	268,1
37	2081,2	18,298	0,7146	0,7146	471,6
38	2286,3	18,804	0,78502	0,785	588,2
39	2409,6	19,289	0,82735	0,8273	473,6
40	1060,1	19,389	0,36399	0,364	276,2
41	1118,8	19,468	0,38415	0,3842	279,7
42	1608,6	19,744	0,55233	0,5523	412,1
43	3268,8	20,188	1,12235	1,1223	518,3
44	1996,4	20,668	0,68548	0,6855	289,6
45	2681,9	20,943	0,92086	0,9209	311,7
46	1720,9	21,19	0,59086	0,5909	277,8
47	16823,2	21,767	5,77634	5,7763	766,8
48	6978,5	21,962	2,3961	2,3961	531,1
49	1548,6	22,223	0,53173	0,5317	305,8
50	2234,7	22,373	0,76729	0,7673	260,5
51	4711,8	28,875	1,61783	1,6178	405,2
52	2955	32,761	1,0146	1,0146	238,8
53	6732,4	32,9	2,3116	2,3116	5212,5
54	7001,6	33,497	2,40404	2,404	107,9

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

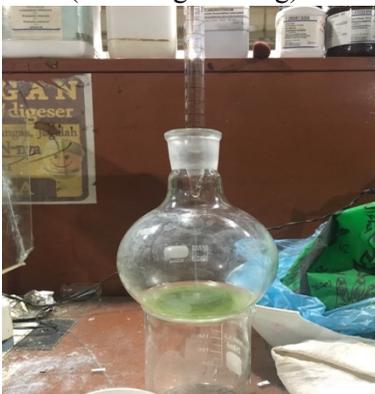
## APPENDIKS D DOKUMENTASI PENELITIAN



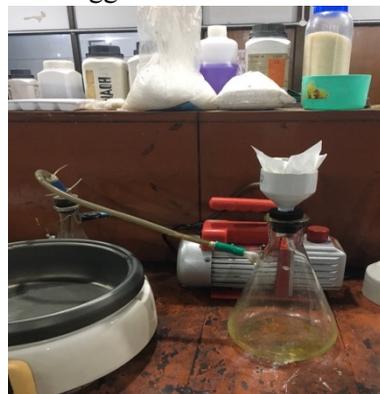
**Gambar D.1** Bahan Penelitian  
(Mikroalga Kering)



**Gambar D.2** Proses Ekstraksi  
Menggunakan *Microwave*



**Gambar D.3** Pencampuran  
Mikroalga Kering dengan  
Pelarut Metanol



**Gambar D.4** Pemisahan  
Minyak Menggunakan Corong  
Buchner dan Kertas Saring  
dengan Bantuan Pompa Vakum



**Gambar D.5** Penguapan Pelarut Menggunakan Heater



**Gambar D.6** Bahan Penelitian (Metanol dan N-Heksana)



**Gambar D.7** Produk Minyak

## RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Jakarta, 8 Desember 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD pada tahun 2002-2008 di SD Al-Azhar 9 Kemang Pratama, SMP pada tahun 2008-2011 di SMP Al-Azhar 8 Kemang Pratama, dan SMA pada tahun 2011-2014 di SMA Labschool Jakarta. Penulis melanjutkan studi S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan mengambil Departemen Teknik Kimia. Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Biodiesel dari *Microalgae (Chlorella sp.)* dengan Proses Hidrolisis-Esterifikasi dan Skripsi Ekstraksi Lipid dari Mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan Menggunakan *Microwaved Assisted Method*.

### Data Pribadi Penulis

<b>Nama</b>	: Pradita Audi
<b>Alamat</b>	: Taman Century 2, Jl. Tanjung Raya Blok C No 9, Pekayon, Bekasi Selatan 17148
<b>Email</b>	: <a href="mailto:pradita.audi@outlook.com">pradita.audi@outlook.com</a>
<b>Telp</b>	: 087878689165

## RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, 3 Oktober 1995. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD pada tahun 2002-2008 di SD Negeri Pucang 1 Sidoarjo, SMP pada tahun 2008-2011 di SMP Negeri 1 Sidoarjo, dan SMA pada tahun 2011-2014 di SMA Katolik Unsur Sidoarjo. Penulis melanjutkan studi S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan mengambil Departemen Teknik Kimia. Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Biodiesel dari *Microalgae (Chlorella sp.)* dengan Proses Hidrolisis-Esterifikasi dan Skripsi Ekstraksi Lipid dari Mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan Menggunakan *Microwaved Assisted Method*.

### Data Pribadi Penulis

<b>Nama</b>	: Feraldo Agastha Maruanaya
<b>Alamat</b>	: Magersari Permai AT/17, Sidoarjo, Jawa Timur 61211
<b>Email</b>	: feraldo.agastha@gmail.com
<b>Telp</b>	: 087849294442