

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Buah pala adalah tanaman asli berasal dari Indonesia dimana awal tumbuhnya dari Kepulauan Banda dan Maluku, lalu menyebar serta menyebar ke berbagai pulau Indonesia seperti Aceh, Sulawesi Utara dan Papua. Kini terdapat varietas pala yang familiar di Indonesia diantaranya ialah *Myristica fragans houtt*, jenis pala tersebut berasal dari Kepulauan Banda yang merupakan jenis pala tertinggi dari segi kualitas serta kuantitasnya. Komponen buah pala terdiri dari bagian daging buah, biji, dan juga fuli. Dan buah pala dapat dijadikan produk minyak pala, lemak pala, serta ekstrak (Atmaja *et al.*, 2017).

Tumbuhan pala banyak digunakan di dunia industri, yaitu industri obat-obatan, parfum, kosmetik, makanan dan minuman (Agaus, 2019). Biji pala yang sudah tua terdapat komponen kandungan minyak atsiri dan juga adanya kandungan komponen bersifat tidak menguap disebut minyak lemak pala (Teresa *et al.*, 2016). Kandungan minyak lemak pala yaitu berkisar antara 20% hingga 40% dan kandungan tersebut mengandung asam miristat, trimiristin, serta gliserida yang berasal dari asam laurat, stearat dan palmitat (Idrus *et al.*, 2014). Lemak biji pala dapat digunakan untuk membuat lilin dan salep obat-obatan tertentu, serta dapat juga digunakan dalam sabun, produk dental dan losion rambut (Jose *et al.*, 2016).

Secara umum, lemak biji pala didapatkan menggunakan metode ekstraksi secara konvensional seperti metode maserasi, sokletasi dan perkolasi. Namun, menggunakan metode ekstraksi secara konvensional masih memerlukan peningkatan efisiensi dan kecepatan proses. Metode konvensional seringkali memakan waktu yang lama dan memerlukan pelarut kimia yang dapat berpotensi merusak senyawa yang diinginkan. Saat ini, metode ekstraksi alternatif seperti *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE) muncul sebagai solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam ekstraksi. Penelitian Kristina *et al.* (2020), melakukan penelitian tentang optimasi suhu, waktu, dan rasio bahan pada *Ultrasound Assisted Extraction butter* biji pala

(*Myristica fragrans*), dimana hasil yang didapatkan *butter* biji pala dapat meningkatkan rendemen yang tinggi yaitu 23,79% dengan ukuran bahan yang digunakan 60 *mesh* dan metode tersebut dapat dilakukan dengan waktu yang singkat. Penelitian Danarto (2014), melakukan penelitian ekstraksi oleoresin dari rimpang jahe dan biji pala menggunakan *microwave* menghasilkan rendemen oleoresin jahe sekitar 7,45% dan rendemen oleoresin pala mencapai 22,8%.

Penelitian ini bermaksud merangkai metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE) dalam mengekstraksi lemak biji pala. Metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE) tersebut merupakan gabungan proses ekstraksi antara *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dengan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Penelitian Boukroufa *et al.* (2015), penelitian yang dilakukannya adalah ekstraksi limbah kulit jeruk untuk memperoleh minyak atsiri, polifenol dan pektin dengan metode UMAE, metode ekstraksi ini dapat memperpendek waktu proses ekstraksi, serta dapat mengeluarkan ekstrak lebih banyak tanpa merusak struktur ekstrak dan mendapatkan kemurnian yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya dan lama waktu ekstraksi terhadap rendemen lemak biji pala yang dihasilkan dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE), serta untuk mengetahui komposisi kimia dan sifat fisik pada lemak biji pala.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pengaruh daya dan waktu ekstraksi terhadap rendemen lemak biji pala yang dihasilkan dengan metode *Ultrasound and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
2. Mengidentifikasi sifat fisiko kimia dari lemak biji pala antara lain tampilan warna, titik leleh, berat jenis, bilangan asam dan bilangan penyabunan.
3. Mengidentifikasi komposisi kimia penyusun lemak biji pala menggunakan GC-MS.

1.3 Kerangka Pemikiran

Lemak biji pala umumnya menggunakan metode ekstraksi secara konvensional, yaitu dengan metode maserasi, sokletasi dan perkolasi. Hasil penelitian dari Hidayati *et al.* (2016), mendapatkan rendemen lemak trimiristin sebesar 5,2% menggunakan metode ekstraksi maserasi dengan pelarut kloroform. Penelitian tersebut menggunakan variasi waktu ekstraksi (1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari) dan didapatkan rendemen tertinggi dengan waktu 3 hari pada proses ekstraksi. Waktu 4 dan 5 hari mengalami penurunan rendemen dikarenakan larutan kloroform pada maserasi sudah dalam keadaan jenuh, sehingga sudah tidak optimal lagi dalam melakukan ekstraksi.

Penelitian Idrus *et al.* (2014), mendapatkan rendemen lemak trimiristin sebesar 80,02% menggunakan metode ekstraksi refluks dengan pelarut eter. Penelitian tersebut biji pala yang digunakan biji pala banda, dan trimiristin yang diperoleh digunakan sebagai bahan aktif sabun mandi. Fungsi trimiristin pada sabun mandi yaitu karena trimiristin berperan sebagai perkusor asam lemak miristat yang memiliki sifat antioksidan, analgesik, antiinflamasi, antibakteri, dan anti jamur, serta memiliki fungsi sebagai *whitening agent*.

Dari beberapa penelitian tersebut, metode ekstraksi yang digunakan yaitu secara konvensional. Metode tersebut umumnya, penggunaan pelarut organik seringkali berakibat pada dampak negatif seperti adanya residu yang bersifat beracun, perubahan kimia dalam senyawa ekstrak, dan produksi limbah yang sulit terurai. Oleh karena itu, ada peningkatan kebutuhan untuk menggunakan metode ekstraksi yang lebih bersih dan penggunaan pelarut yang aman. Salah satu pendekatan yang lebih ramah lingkungan dalam ekstraksi, seperti *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE) (Mauricio *et al.*, 2017).

Maka dari itu, 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). Menurut Boukroufa *et al.* (2015) metode ekstraksi ini dapat memperpendek waktu proses ekstraksi dimana 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 mengeluarkan ekstrak lebih banyak tanpa merusak struktur ekstrak dan mendapatkan kemurnian yang cukup tinggi.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diambil dari berbagai sumber penelitian, maka dapat ditarik suatu hipotesis yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan daya dan lama waktu yang terbaik untuk menghasilkan rendemen tertinggi dengan metode *Ultrasonic and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
2. Mendapatkan sifat fisiko kimia dari lemak biji pala antara lain tampilan warna, titik leleh, berat jenis, bilangan asam dan bilangan penyabunan.
3. Mendapatkan komposisi kimia penyusun lemak biji pala menggunakan GC-MS.

1.5 Kontribusi

Kontribusi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagi lingkungan diharapkan dapat membuat atau memproduksi lemak dari biji pala tersebut dengan menggunakan *Ultrasonic and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).
2. Bagi pendidikan diharapkan dapat menjadi sumber referensi, sumber informasi, dan bahan bacaan dalam pembuatan lemak biji pala serta diharapkan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan praktikum.
3. Bagi masyarakat diharapkan dapat memberikan wawasan dan keterampilan masyarakat dalam pembuatan lemak biji pala tersebut dengan metode *Ultrasonic and Microwave Assisted Extraction* (UMAE).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pala

Tanaman pala (*Myristica fragrans houtt*) umumnya disebut sebagai tanaman identiknya Indonesia yang merupakan spesies tanaman berasal dari Kepulauan Banda dan Maluku. Adapun pulau-pulau yang lainnya seperti Aceh, Sulawesi Utara, serta Papua dan juga tempat tumbuh berkembangnya tanaman pala secara besar-besaran. Jenis pala *Myristica fragrans houtt* dari Kepulauan Banda merupakan salah satu dari beberapa jenis pala yang ditemukan di Indonesia. Dilihat dari segi kualitas yang tinggi, tanaman pala *Myristica fragrans houtt* diyakini sebagai tanaman pala yang terbaik dari Indonesia (Atmaja *et al.*, 2017).

Tanaman pala yang biasanya digunakan sebagai rempah-rempahnya adalah buah pala. Komponen buah pala terdiri dari 77,8% daging buah, diikuti 4% fuli, 5,1% cangkang dan 13,1% biji pala. Biji dan fuli pada pala biasanya dijadikan produk minyak pala, sedangkan produk olahan seperti manisan pala, dodol pala, asinan pala, sirup pala dan manfaat lainnya yang dapat digunakan untuk membuat antimikroba atau bioinsektisida biasanya dari daging buah pala. Seringkali pala dijadikan sebagai bumbu dalam berbagai masakan. Mmenambahkan sedikit pala ke dalam masakan akan memberikan aroma dan meningkatkan cita rasa pada makanan. Bentuk pala yang sering ditemui yaitu pala utuh, dalam bentuk bubuk, serta minyak atsiri yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Astuti, 2019).

Pala (*Myristica fragrans houtt*) dikenal sebagai tanaman rempah yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Dimana bangsa asing sudah kenal cukup lama pada pala. Indonesia merupakan salah satu pengeksportor pala terbesar, tercatat sekitar 60% dari pasar global dan dijadikannya komoditas ekspor terpenting di negara Indonesia. Permintaan pala di industri makanan, minuman, farmasi dan lainnya mempunyai permintaan yang stabil dan hingga saat ini permintaan pala di dalam negeri cukup tinggi. Olahan pala bubuk biasanya digunakan sebagai bahan tambahan penyedap makanan, pembuatan minuman, puding dan saus (Ariandi *et al.*, 2018).

Di wilayah Indonesia di Kepulauan Banda dan Maluku merupakan asal mula tanaman pala, lalu menyebar ke daerah pulau Jawa dan Sulawesi serta pulau-pulau lain yang berada di sekitar daerah pulau Banda dan Maluku lainnya. Untuk pengiriman bibit pala dilakukan dari pulau Banda ke wilayah Sulawesi, khususnya daerah Manado. Proses penanaman pala juga menyebar ke India Barat dan Granada setelah Perang Dunia II. Ada delapan jenis tanaman pala yang berada di daerah Maluku, antara lain: *Myristica succedawa bl* atau lebih dikenal sebagai pala Patani, *M. speciosa warb* sering dikenal sebagai pala Bacan atau pala Hutan, *M. schefferi warb* juga dikenal sebagai pala Onin atau Gosoriwonin, *M. fragrans houtt* dikenal sebagai pala Banda, *M. fatua houtt* dikenal sebagai nama laki-laki, pala Fuker (Banda) atau pala Hutan (Ambon), *M. argantea warb* dikenal sebagai pala Irian atau pala Papua, *M. tingens BL* dikenal sebagai pala Tertia, dan *M. sylfetrus houtt* dikenal sebagai pala Burung atau pala Mandaya (Bacan) atau pala Anan (Ternate) (Umasangaji *et al.*, 2018).

2.2 Klasifikasi Tanaman Pala

Tumbuhan yang dikenal dengan tanaman pala ialah pohon yang asli tumbuh di daerah tropis. Tanaman pala termasuk famili *Myristiceae* yang memiliki 250 spesies dan 15 marga. Dalam 15 marga tersebut, terdapat 4 marga ditemukan di Asia tropis dan 5 marga ditemukan di Amerika tropis (Umasangaji *et al.*, 2018).

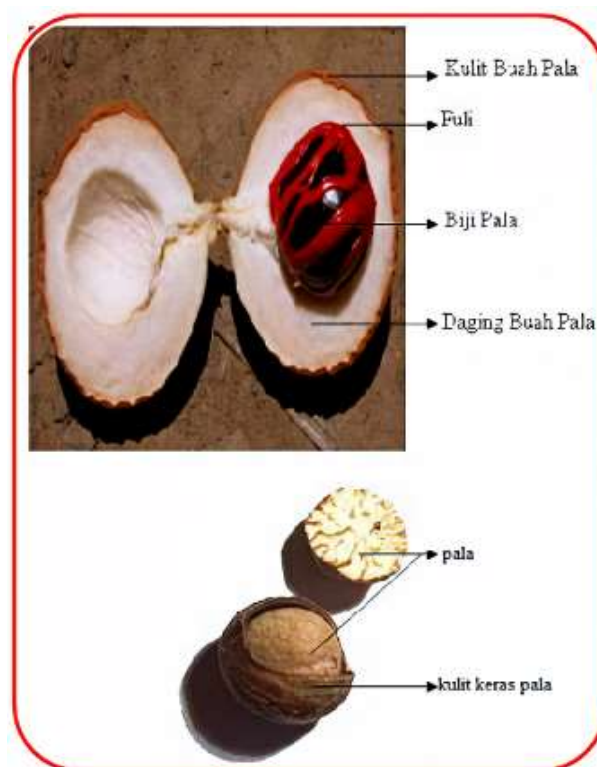
Semak pala memiliki bunga jantan, betina, *monoecious*, *trimonoecious*, dan *hermafrodit*. Adapun peramalan benih berikutnya berfungsi sebagai dasar dari rasio jenis kelamin yang diharapkan dari benih, akar dan percabangan bibit masing-masing yaitu 3:1, 9:6:1, dan 9:3:3:1, dengan jenis kelamin betina yang dimana mendominasi jenis kelamin lainnya (Pramudita *et al.*, 2017).

Bentuk buah pala bermacam-macam antara lain bulat, lonjong, agak lonjong dan oval. Pada spesies *M. fragrans houtt* biasanya bentuk buah bulat dengan bentuk biji oval. Dengan warna kulit buah pala biasanya berwarna kuning dan warna daging buah pala berwarna putih (Robert *et al.*, 2015).

Taksonomi dari tanaman pala dapat diklasifikasikan secara sistematika menjadi:

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Magnoliales
 Famili : Myristicaceae
 Genus : *Myristica*
 Spesies : *M. fragrans*
 Nama binomial : *Myristica fragrans* (Dinar *et al.*, 2013).



Gambar 1. Struktur Buah Pala
 Sumber: Andara, 2013

2.3 Komposisi Kimia Buah Pala

Buah pala terdiri dari empat komponen yaitu daging buah, fuli, cangkang, dan biji. Ini adalah satu-satunya bagian tanaman pala yang memiliki nilai ekonomis. Tabel 1. menunjukkan perbandingan keempat komponen tersebut. Daging buah pala berwarna putih kekuning-kuningan, cukup tebal, dan menyusun lebih dari 70% berat buah. Dalam hal ini juga memiliki rasa dan kualitas astringen, akibatnya buah

pala yang belum matang tidak dapat dimakan mentah tetapi dapat diolah menjadi berbagai macam makanan (Nurdjannah, 2007).

Tabel 1. Persentase Berat dari Bagian-Bagian Buah Pala

Bagian Buah	Persentase Basah (%)	Persentase Kering (%)
Daging	77,8	9,93
Fuli	4	2,09
Tempurung	15,1	-
Biji	13,1	8,4

Sumber: Rismunandar, 1990

Secara umum, zat penyusun pala dan fuli terdiri dari asam lemak, protein, selulosa, pentosan, pati, resin, dan mineral. Dari jumlah masing-masing komponen tersebut bervariasi sesuai dengan seberapa baik dan berapa lama disimpan, serta tempat tumbuh. Sementara kandungan minyak lemak fuli berkisar antara 20 hingga 30%, kandungan minyak pala utuh berkisar antara 25 hingga 40%. Biji pala yang dikonsumsi oleh ulat memiliki kandungan minyak atsiri yang lebih tinggi daripada biji pala utuh, karena sebagian dari pati dan minyak lemaknya dimakan oleh serangga sedangkan pala termasuk *fixed oil* (minyak lemak) berkisar 25-40%, minyak atsiri berkisar 2-16% dengan rata-rata 10%, karbohidrat sekitar 30%, dan protein sekitar 6% (Rismunandar, 1990).

Tabel 2. Komposisi Kimia Buah Pala dari Banda

Komponen	Daging Buah (%)		Fuli (%)		Biji (%)	
	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering
Air	89	17,4	54	17,6	41	13,9
Lemak	-	-	10,4	18,6	23,3	34,4
Minyak atsiri	1,1	8,5	2,9	5,2	1,7	2,5
Gula	-	-	1,1	1,9	1,0	1,5
Komponen mengandung N	-	-	3,0	5,2	4,1	5,1
Komponen bebas N	-	-	27,7	49,5	27,3	40,4
Abu	0,7	5,7	0,9	1,6	1,5	2,2

Sumber: Rismunandar, 1990

Menurut (SNI-06-2388, 2006), kandungan *myristicin* minyak pala Indonesia minimal 5%. Menurut (ISO-3215, 1998), α -pinen, β -pinen, carene, sabinen, limonen, terpinen, terpineol, safrol, asam oleat asam linoleat, resin dan trimiristin merupakan komponen kimia utama minyak pala. Trimiristin adalah jenis lemak yang banyak digunakan dalam industri kosmetik sebagai *whitening agent* (Ma'mun, 2013).

Tabel 3. Komposisi Kimia Lemak Biji Pala

Komponen	Nilai (%)
Trimiristin	84,0
Komponen tidak tersabunkan	9,8
Asam oleat (sebagai gliserida)	3,5
Resin	2,3
Asam linoleat (sebagai gliserida)	0,6
Asam format, asetat dan cerotic	Jumlah sangat kecil

Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2017

2.4 Minyak Lemak

Minyak lemak merupakan cairan semi padat aromatik (bau dan rasa seperti pala), berwarna oranye dan memiliki titik leleh pada suhu 45°C – 51°C, serta memiliki bobot jenis sebesar 0,990 – 0,995. Minyak lemak bersifat stabil dan tidak rusak oleh reaksi oksidasi dan minyak lemak larut dalam senyawa organik khususnya eter maupun kloroform (Nurdjannah, 2007). Kandungan minyak lemak atau *fixed oil* dari minyak pala yaitu berkisar antara 20% hingga 40% dan kandungan tersebut terdiri dari asam miristat, trimiristin dan gliserida dari asam laurat, stearat dan palmitat (Idrus *et al.*, 2014). Trimiristin dan miristin pada minyak lemak memiliki aktivitas sebagai antioksidan dan juga memiliki berbagai fungsi lain seperti anti inflamasi, anti diabet, anti bakteri dan juga anti jamur. Selain itu, trimiristin juga dapat diolah menjadi asam miristat dan miristol alkohol yang digunakan sebagai bahan pembuatan kosmetik, detergen, maupun sabun (Jinous Asgarpanah, 2012). Asam laurat sangat banyak digunakan dalam produk sabun atau kosmetik dan asam laurat memiliki sifat antimikroba dan bakteri (Mank dan Polonska, 2016).

2.5 Metode Ekstraksi Konvensional

2.5.1 Maserasi

Maserasi adalah teknik ekstraksi yang populer dan langsung yang dapat digunakan pada skala lokal dan besar. Ketika kesetimbangan tercapai antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dan konsentrasi dalam sel tumbuhan, pelarut dikeluarkan dari sampel. Maserasi dilakukan dengan menambahkan serbuk simplisia dan pelarut tertentu ke dalam wadah inert dan ditutup rapat pada suhu kamar.

Proses ekstraksi ini memiliki kelebihan dan kekurangan, kekurangannya termasuk komitmen waktu, sejumlah besar pelarut yang dibutuhkan, dan kemungkinan bahwa beberapa senyawa mungkin sulit diekstrak pada suhu kamar. Sedangkan keuntungan dari metode ini adalah dapat digunakan pada senyawa yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2016).

2.5.2 Sokletasi

Teknik ini dilakukan dengan meletakkan serbuk simplisia di atas kertas saring yang dimasukkan ke dalam tabung yang diletakkan di atas labu dan di bawah kondensor. Labu diisi dengan pelarut, dan suhu bak diatur di bawah refluks. Prinsip dasar metode ini adalah penyaringan harus sering dilakukan untuk menghasilkan filter yang lebih akurat sambil menggunakan lebih sedikit pelarut. Setelah penyaringan selesai, pelarut diuapkan untuk menghasilkan ekstrak kental.

Keuntungan dari metode ini adalah prosedur ekstraksi dapat dilakukan secara kontinyu dan dengan sedikit penggunaan pelarut. Sedangkan kekurangan dari metode ini yaitu tidak dapat digunakan untuk ekstraksi senyawa yang bersifat termolabil karena dapat terdegradasi (Mukhriani, 2016).

2.5.3 Perkolasi

Prosedur ini melibatkan penambahan pelarut ke bagian atas bubuk simplisia, yang kemudian dibiarkan menetes perlahan ke dasar perkolator, wadah berbentuk silinder dengan keran di bagian bawah. Pendekatan ini memiliki keuntungan dengan terus mengalirkan pelarut baru melalui sampel sampai terjadi saturasi. Kerugian dari prosedur ini adalah menggunakan banyak pelarut dan memakan waktu lama jika sampel di dalam perkolator tidak homogen (Mukhriani, 2016).

2.6 Metode Ekstraksi Modern

2.6.1 *Ultrasound Assisted Extraction (UAE)*

Metode ini merupakan modifikasi metode maserasi yang memanfaatkan suara ultrasonik berfrekuensi tinggi, atau sinyal yang memiliki frekuensi lebih dari

20 kHz. Serbuk simplisia ditempatkan dalam wadah yang inert dan tertutup rapat, kemudian wadah tersebut ditempatkan dalam wadah sonikasi untuk memberikan tekanan mekanik pada sel dan proses ekstraksi tersebut hampir sama dengan metode maserasi. Kerusakan sel membuat bahan kimia lebih larut dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi (Mukhriani, 2016).



Gambar 2. Skema Proses *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE)
Sumber: (Dokumen Pribadi)

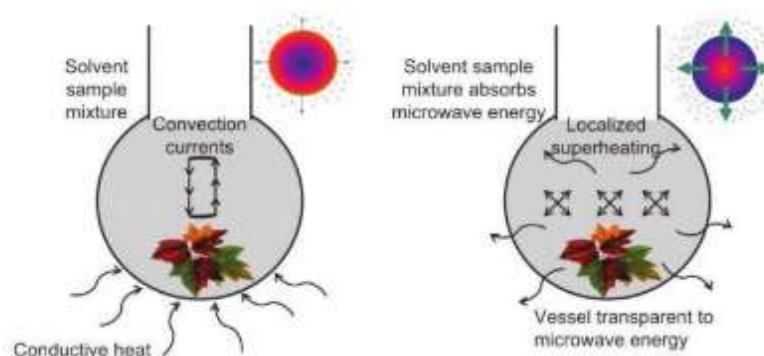
Gelombang ultrasonik menyebabkan tegangan mekanik sehingga sampel menjadi partikel dengan ruang-ruang yang kecil dan gelombang ini juga menimbulkan efek kavitasi (dapat memecah dinding sel). Proses efektivitas ekstraksi juga dipengaruhi oleh frekuensi instrumen yang meliputi panjang gelombang ultrasonik, waktu dan suhu.

Jika dibandingkan dengan ekstraksi konvensional yang menggunakan metode sokletasi, metode ultrasonik mempunyai keunggulan yaitu efisiensi yang lebih besar, waktu kerja yang lebih singkat dan biasanya laju perpindahan massa yang lebih cepat.

2.6.2 *Microwave Assisted Extraction* (MAE)

Metode ekstraksi yang disebut *Microwave Assisted Extraction* (MAE) menggunakan gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi antara 0,3 sampai 300 GHz. Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) berbeda dengan metode ekstraksi konvensional. Menurut Lopez-Avila dan María (2014) dalam

jurnal Zahar *et al.* (2021), metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) memanaskan suatu bahan dari dalam ke luar, berlawanan dengan metode ekstraksi konvensional yang secara perlahan memasukkan panas ke luar. Gambar 4. Mengilustrasikan bagaimana perbedaan proses pemanasan untuk metode MAE dan metode ekstraksi konvensional.



Gambar 3. Perbedaan Pemanasan pada Ekstraksi Konvensional dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE)

Sumber: Zahar *et al.*, 2021

Prinsip metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) berdasarkan efek langsung gelombang mikro terhadap molekul zat. Rotasi ionik dan dipol, yang terjadi dalam pelarut dan sampel adalah dua cara energi elektromagnetik diubah menjadi energi panas. Pada pengaplikasiannya, kedua mekanisme ini berlangsung secara bersamaan karena efektif mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas (Destandau, Michel, & Elfakir, 2013) dalam jurnal (Zahar *et al.*, 2021).

Metode MAE mempunyai keunggulan dari metode ekstraksi lainnya, antara lain termasuk waktu ekstraksi yang lebih singkat, hasil rendemen lebih tinggi, konsumsi energi lebih sedikit dan biaya yang lebih rendah karena pengurangan penggunaan pelarut (Zahar *et al.*, 2021).

2.7 Pelarut n-Heksana

Pelarut n-heksana adalah pelarut yang paling ringan untuk mengekstraksi minyak yang terkandung dalam biji-bijian dan lebih mudah untuk memisahkan minyak dari pelarutnya (Susanti *et al.*, 2012). n-Heksana merupakan komponen dalam fraksi parafin minyak mentah dan gas alam, dimana pada industri kimia dan laboratorium menggunakan n-heksana sebagai reagen. Heksana ialah produk

industri yang terdiri dari campuran hidrokarbon dengan 6 atom karbon dan 19 isomer 2-metilpentana serta 3-metilpentana. n-Heksana merupakan pelarut non-polar. Berikut ini adalah sifat fisika dan kimia n-heksana.

Tabel 4. Sifat Kimia n-Heksana

Karakteristik	Informasi
Nama kimia	n-Heksana
Formula kimia	C_6H_{14}
Struktur kimia	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

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

Tabel 5. Sifat Fisika n-Heksana

Property	Information
Berat molekul	86.18
Warna	Tanpa warna
Keadaan fisik	Cair
Titik leleh	$-95^{\circ}C$
Titik didih	$69^{\circ}C$
Densitas	0.6603 at $20^{\circ}C$
Bau	Lemah, bau yang khas
Kelarutan:	Tidak larut
Air	9.5 mg/L
Pelarut organik	Bercampur dengan alkohol, kloroform dan eter

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

Adapun keunggulan dari pelarut n-heksana untuk ekstraksi yaitu:

1. Toksisitas Rendah

n-Heksana adalah senyawa yang cukup tidak beracun yang tidak menghasilkan asap beracun. Untuk alasan ini, n-heksana aman digunakan dalam produksi produk makanan, termasuk ekstraksi minyak.

2. Titik Didih Rendah

n-Heksana juga memiliki titik didih rendah pada $69^{\circ}C$ yang membantu proses ekstraksi, karena ekstraksi melibatkan *solute* dalam pelarut untuk mengumpulkan minyak.

3. Keterjangkauan

n-Heksana tersedia dalam jumlah besar dari pemasok seperti Ecolink, yang dapat membantu memangkas biaya secara keseluruhan

n-Heksana banyak digunakan sebagai pelarut organik yang mudah menguap. n-Heksana banyak digunakan dalam proses ekstraksi bahan alam untuk mengekstraksi senyawa non polar karena n-Heksana relatif murah. Titik didih n-

heksana sangat rendah hanya 69°C, sehingga mudah terbakar jika n-heksana diletakkan di dekat api (Iqbal Afritario, 2018).

2.8 Bilangan Asam

Bilangan asam adalah indikator yang mencerminkan seberapa banyak asam lemak bebas yang perlu diatasi oleh KOH untuk menetralsirnya. Semakin tinggi bilangan asam, semakin banyak asam lemak bebas yang terdapat dalam lemak, dan sebaliknya, semakin rendah kualitas lemak tersebut.

Bilangan asam ditentukan dengan menimbang 1,5 g sampel dan menambahkan 50 ml alkohol 95%. Sampel kemudian dipanaskan di atas penangas air selama 15 menit sambil diaduk. Kemudian titrasi sampel dengan KOH 0,1 N dan tambahkan 3-5 tetes indikator PP. Titrasi sampai larutan menjadi merah muda (Kristina *et al.*, 2020).

2.9 Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan adalah angka yang mewakili miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak atau minyak. Jumlah KOH yang dibutuhkan tergantung pada panjang rantai karbon asam lemak yang terkandung dalam trigliserida dan berat trigliserida.

Bilangan penyabunan ditentukan dengan melarutkan 1,5 g sampel dalam 50 mL alkohol KOH 0,5 dan di refluks. Setelah selesai, titrasi sampel dengan HCl 0,5N, tambahkan 1-3 tetes indikator PP (Kristina *et al.*, 2020).

2.10 Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry (GC-MS)

Kromatografi gas bertujuan umum untuk mengidentifikasi serta memisahkan beragam senyawa organik yang mudah menguap. Tergantung pada jenis detektor yang digunakan, kromatografi gas bisa bersifat merusak atau non-merusak. Teknik ini telah luas digunakan di berbagai sektor, seperti industri, lingkungan, farmasi, perminyakan, kimia, klinis, forensik, makanan, dan bidang lainnya. Kombinasi kromatografi gas dengan spektrometri massa menghasilkan spektrofotometer massa. Spektrometri massa adalah alat analisis yang sangat umum

digunakan dengan berbagai aplikasi yang luas. Menggabungkan kromatografi gas dengan spektrometri massa bertujuan untuk menganalisis senyawa-senyawa dalam sampel yang akan diuji. Meskipun prinsip kerja kromatografi gas dan spektrometri massa berbeda, namun penggabungan keduanya memungkinkan identifikasi kualitatif maupun analisis kuantitatif senyawa. Dalam analisis yang mencakup komponen dan konsentrasi suatu sampel, seringkali digunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry* (GC-MS), yang memungkinkan penentuan berat molekul secara tepat (Yuliana, 2017).

Gabungan antara pemisahan menggunakan kromatografi gas dan deteksi massa dikenal dengan istilah kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS). Tujuan dari penggabungan kedua alat ini adalah untuk memisahkan, mengukur, dan mengidentifikasi senyawa organik yang mudah menguap dan semi-menguap yang terdapat dalam senyawa kompleks. Spektrometri massa merupakan alat yang mampu memilah molekul-molekul berbasis gas berdasarkan massa atau beratnya. Spektrum massa diperoleh dengan mengubah sampel senyawa menjadi ion-ion yang bergerak cepat, kemudian dipisahkan berdasarkan perbandingan massa terhadap muatannya (m/e). Pendekatan ini adalah teknik analitik yang memberikan informasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif tentang komposisi atom dan molekul dalam senyawa organik dan anorganik serta struktur kimianya, yang juga menghasilkan berat molekulnya (Dwi Riyanto, 2013).

2.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 6. Penelitian Terdahulu

Judul	Metode	Hasil
Karakteristik Minyak Dan Isolasi Trimiristin Biji Pala Papua (<i>Myristica argentea</i>) (Ma'mun, 2013)	Isolasi lemak dari biji pala dilakukan dengan sistim pres panas (hot press) pada suhu 40-50°C. Selanjutnya lemak yang diperoleh diekstrak dengan etanol untuk memisahkan trimiristin. Isolasi lemak dan trimiristin dilakukan tiga kali ulangan.	Rendemen rata-rata trimiristin yang dihasilkan dari biji pala Papua adalah 79,55%. Hasil tersebut cukup optimal mengingat dalam biji bahan baku pala tua.
Trimyristin Isolation From Nutmeg And Synthesis Of Methylene Using Heterogen Catalyst	Metode ekstraksi maserasi selama 8 jam. 150 g serbuk biji pala dan 100 mL kloroform. rekristalisasi	Trimiristin yang diperoleh berupa padatan berwarna putih agak kekuningan sebanyak 17 g (11%).

Judul	Metode	Hasil
(Kappelle dan Laratmase, 2014)	dengan menambahkan etanol 95% sebanyak 25 ml.	
Ekstraksi Oleoresin Dari Rimpang Jahe Dan Biji Pala Menggunakan Microwave (Danarto, 2014).	Metode ekstraksi dengan microwave dan menggunakan pelarut etanol 96% selama 15 menit serta daya yang digunakan microwave 300 watt.	Rendemen yang didapat 22,8%. Ekstraksi dengan menggunakan microwave dapat menghasilkan rendemen yang tinggi.
Isolasi Trimiristin Minyak Pala Banda Serta Pemanfaatannya Sebagai Bahan Aktif Sabun (Idrus <i>et al.</i> , 2014)	Isolasi trimiristin menggunakan sistem refluks dengan ester dan dimurnikan dengan aseton.	Rendemen hasil isolasi trimiristin dari minyak pala Banda diperoleh sebesar 80,02%. Sabun mandi yang dihasilkan memenuhi standar SNI 06- 3532-1994.
Pengaruh Rasio Pelarut Kloroform (V/V) Pada Ekstraksi Trimiristin Biji Pala (<i>Myristica fragrans houtt</i>) (Teresa <i>et al.</i> , 2016)	Menggunakan ekstraksi maserasi, dengan perbandingan bubuk biji pala dan jumlah kloroform 1:5, 1:7, 1:9, 1:11, 1:13 (v/v) dengan waktu ekstraksi 3 hari.	Dari data tersebut diperoleh rendemen terbaik dari perbandingan jumlah kloroform dan bubuk biji pala 1:11 didapat rendemen 8,23%.
Persamaan Transfer Massa Pada Isolasi Trimiristin Biji Pala (<i>Myristica fragrance</i>) Dan Aplikasinya Sebagai Aditif Masker (Hidayati <i>et al.</i> , 2016)	Proses isolasi trimiristin di dalam kloroform dengan metode maserasi dengan variasi waktu 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Dilanjutkan dengan proses rekristalisasi dengan penambahan aseton.	rendemen pada 4 hari 4,9%, dan rendemen pada 5 hari 4,2%. Peningkatan waktu ekstraksi sampai dengan 3 hari menghasilkan rendemen yang lebih besar. Sementara untuk waktu ekstraksi 4 hari dan 5 hari menghasilkan rendemen yang lebih kecil dikarenakan larutan kloroform pada maserasi sudah dalam keadaan jenuh, sehingga sudah tidak optimal lagi dalam melakukan proses ekstraksi.
Optimasi suhu, waktu, Dan Rasio Bahan <i>Ultrasound Assisted Extraction Butter Biji Pala (Myristica fragrance)</i> (Kristina <i>et al.</i> , 2020).	Metode ekstraksi dengan <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE) dan menggunakan pelarut n-heksana, suhu yang digunakan 45°C selama 37,5 menit.	Rendemen yang didapat 23,85%. Ekstraksi dengan menggunakan metode <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE) lebih efisien dalam kerjanya.