I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dimana sektor pertanian memiliki peranan yang sangat penting dari keseluruhan perekonomian nasional. Dengan memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah dan mengandalkan lahan yang subur, sektor pertanian Indonesia dinilai sangat menjanjikan. Sektor pertanian dapat mendorong masyarakat Indonesia untuk mempunyai kehidupan yang layak dengan skala ekonominya yang semakin berkembang. Sektor pertanian juga merupakan kontributor utama pertumbuhan ekonomi Indonesia. Sebagai negara agraris, produk pertanian tentunya merupakan produk yang dapat diandalkan untuk meningkatkan efisiensi ekspor. Salah satu bahan pokok Indonesia yang potensial di pasar internasional adalah pala, lawang dan kapulaga (Nurhayati *et al*., 2019). Lampung merupakan Provinsi dengan industri pertanian yang menunjang perekonomian sebagian besar penduduk Lampung. Pertanian Provinsi Lampung dengan total ekspor mencapai 660,5 miliar rupiah yang diekspor ke 47 negara. Maka dari itu, potensi pertanian di Provinsi lampung harus dimanfaatkan dengan maksimal. Provinsi Lampung merupakan penghasil rempah-rempah salah satunya kapulaga, yang menjadi produk ekspor paling banyak diminati. Kapulaga mengandung manfaat seperti dapat menghangatkan tubuh, aromaterapi**,** dan pemberi aroma yang khas (Rosmainar *et al*., 2017).

Kapulaga (*Amomum compactum*) merupakan salah satu komoditas unggulan di daerah Lampung karena Lampung memiliki tanah yang subur untuk ditanami kapulaga yang termasuk suku jahe-jahean (*zingiberaceae*) (Tarigan & Saragih, 2023). Kapulaga dikenal dengan sebutan ‘ratu rempah-rempah’ karena merupakan salah satu rempah-rempah dengan nilai ekonomi tertinggi ketiga setelah vanila dan kunyit (Ashokkumar *et al*., 2021). Untuk meningkatkan potensi pendapatan dan menambah nilai jual maka biji kapulaga diekstrak untuk mengambil minyaknya. Minyak kapulaga untuk berkontribusi dalam revitalisasi potensi sumber daya rempah-rempah di Provinsi Lampung dengan meningkatkan *yield* dan kualitas minyak rempah (Olalere *et al*., 2017). Minyak kapulaga umumnya masih menggunakan metode konvensional, salah satunya metode *soxhlet* mekanisme

metode *soxhlet* bahan baku dimasukkan dalam kertas saring dan dimasukkan kedalam *soxhlet* lalu ditambahkan pelarut organik, kemudian dipanaskan dengan *heating mantel* proses dihentikan jika pelarut sudah berwarna jernih, namun metode ini tidak dapat digunakan pada bahan yang memiliki tekstur keras, membutuhkan waktu ekstraksi yang lama serta menghasilkan *yield* dan kualitas yang rendah (Triesty & Mahfud, 2017). Metode baru minyak kapulaga yang ramah lingkungan diekstraksi dari berbagai jenis tanaman aromatik telah ditemukan yaitu *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dan *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) yang merupakan metode *green extraction* (Llompart *et al*., 2019).

Menurut Khalili *et al.* (2018) melaporkan bahwa rendemen minyak atsiri daun *thyme* dan daun melisa diperoleh menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dengan hidrodistilasi konvensional (HD) menghasilkan rendemen minyak atsiri daun *thyme* dan daun melisa lebih tinggi dan waktu ekstraksi yang lebih singkat menggunakan SFME di bandingkan dengan metode HD konvensional. Kemudian pada penelitian Liu *et al.* (2022) didapatkan bahwa metode SFME menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, hemat energi, dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut, dibandingkan dengan metode HD konvensional rendemen yang dihasilkan lebih sedikit, waktu ekstraksi lama, dan terdapat limbah dari penggunaan pelarut. Kemudian pada penelitian Benmoussa *et.al* (2018) melaporkan bahwa rendemen minyak atsiri jinten yang diperoleh menggunakan metode *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) dengan Hidrodistilasi Konvensional (HD) menghasilkan *yield* minyak atsiri jinten lebih tinggi dan waktu ekstraksi yang lebih singkat menggunakan MHG dibandingkan dengan metode HD. Akan tetapi, metode SFME dan MHG belum pernah diterapkan pada ekstraksi minyak biji kapulaga.

Response Surface Methodology (RSM) berguna untuk mencari kombinasi terbaik dari variabel masukan (faktor) untuk mencapai hasil yang diinginkan (*respons*) dan memahami hubungan antara faktor dan *respons*. *Response Surface Methodology* (RSM) adalah pendekatan sistematis untuk mengeksplorasi dan memodelkan hubungan yang kompleks secara eksperimental (Pokuah *et al*., 2024). *Response Surface Methodology* (RSM) memiliki karakteristik tersendiri dalam desain eksperimen dan metode analisis, khususnya dalam ekstraksi tumbuhan (Wei

et al., 2023). *Box-Behnken Design* (BBD) dalam *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan untuk mengoptimalkan pengoperasian sesuai parameter proses ekstraksi dengan mengetahui berapa kali pengulangan dalam variabel yang digunakan seperti daya *microwave,* massa bahan baku, dan waktu ekstraksi (Kusuma & Mahfud, 2015).

Sehubungan dengan hal tersebut, penulis mengusulkan penelitian ekstraksi minyak kapulaga menggunakan metode yang baru dikembangkan dan lebih unggul dari metode konvensional yakni metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dan *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) karena, metode ini merupakan metode ramah lingkungan tanpa pelarut, dengan pemanasan gelombang mikro yang dapat mempersingkat waktu ekstraksi dibandingkan metode konvensional (Putri *et al*., 2022). Metode ini menjadi solusi dari teknik ekstraksi berkelanjutan. Dengan menentukan kombinasi penelitian menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Dari penelitian ini, dapat mempelajari beberapa faktor yang berpengaruh pada metode yang digunakan, yakni metode ekstraksi minyak kapulaga yang ramah lingkungan, tidak membutuhkan pelarut, dan waktu ekstraksi lebih cepat.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh metode SFME dan MHG terhadap *yield* minyak biji kapulaga lokal, serta bagaimana perbedaan *yield* antara metode SFME dan MHG?
2. Bagaimana kondisi optimum ekstraksi biji kapulaga lokal menggunakan metode SFME dan MHG terhadap *yield* minyak kapulaga?
3. Bagaimana komposisi kimia minyak kapulaga yang dihasilkan dari metode SFME dan MHG?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh metode SFME dan MHG terhadap *yield* minyak biji kapulaga lokal, serta mengetahui perbedaan *yield* antara metode SFME dan MHG
2. Mengetahui kondisi optimum ekstraksi biji kapulaga lokal menggunakan metode SFME dan MHG terhadap *yield* minyak kapulaga

3. Mengetahui komposisi kimia minyak kapulaga yang dihasilkan dari metode SFME dan MHG

1.4 Kerangka Pemikiran

Biji kapulaga merupakan bagian yang biasa diambil minyaknya dengan cara ekstraksi. Minyak kapulaga merupakan minyak aromatik yang mudah menguap (*volatile*) biasa diekstraksi memakai distilasi uap (konvensional). Namum metode konvensional memiliki kelemahan yang serius seperti memakan waktu, menghabiskan banyak sumber daya energi, menggunakan pelarut, dan menghasilkan *yield* yang rendah. Di perlukan metode ekonomis yang menghasilkan *yield* tertinggi senyawa teroksigenasi dalam waktu singkat, dengan menggunakan sumber energi yang minimum tentunya lebih disukai. Penerapan teknologi yang ramah lingkungan sudah menjadi sebuah kebutuhan. Metode konvensional menunjukkan kurangnya rasa hormat terhadap lingkungan dan kemungkinan besar akan hilang di masa depan (Chouhan *et al*., 2019)

Oleh karena itu, teknik ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro telah muncul untuk meminimalisir kekurangan pada metode sebelumnya dengan atau tanpa penambahan pelarut (air). Penulis bermaksud untuk mengoptimasi hasil ekstrak minyak kapulaga menggunakan dua metode yaitu *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dan *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG), untuk mengetahui mana yang lebih efisien untuk menghasilkan *yield* yang lebih banyak dalam waktu yang sama. Dengan menentukan kombinasi penelitian menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). *Response Surface Methodology* (RSM) berguna untuk mencari kombinasi terbaik dari variabel masukan (faktor) untuk mencapai hasil yang diinginkan (*respons*) dan memahami hubungan antara faktor dan *respons* (Pokuah *et al*., 2024).

1.5 Hipotesis

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

1. Metode SFME dan MHG dapat meningkatkan *yield* minyak biji kapulaga lokal, serta memiliki *yield* yang berbeda antara metode SFME dan MHG
2. Kondisi optimum ekstraksi biji kapulaga lokal dipengaruhi oleh variabel; *feed to distiller*, daya *microwave*, dan waktu ekstraksi dari metode SFME dan MHG

3. Komposisi senyawa kimia minyak kapulaga terdiri dari senyawa utama 1,8 *cineole* dan senyawa lainnya dari metode SFME dan MHG

1.6 Kontribusi Penelitian

Kontribusi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagi lingkungan diharapkan dapat memanfaatkan biji kapulaga menjadi minyak dengan menambah nilai jual dan ramah lingkungan
2. Bagi pendidikan diharapkan dapat menjadi sumber referensi, sumber informasi, dan bahan bacaan dalam proses ekstraksi dengan menggunakan metode non konvensional yaitu SFME dan MHG
3. Bagi masyarakat diharapkan dapat memberikan wawasan dan keterampilan masyarakat dalam menghasilkan produk atsiri dari *Amomum compactum*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Kapulaga (*Amomum compactum)*

2.1.1 Klasifikasi

Divisi : Plantae

Sub Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Liliopsida*

Bangsa : *Zingiberales*

Suku : *Zingiberaceae*

Marga : *Wurfbainia*

Jenis : *Wurfbainia compacta (Sol.ex Maton)*

Nama Umum : Kapulaga

Gambar 1. Tanaman Kapulaga (*Amomum compactum*) (Dokumen Pribadi)

2.1.2 Deskripsi Tanaman

a. Sinonim

Amomum compactum dan *Amomum cardamomum*

b. Nama Lokal

Nama lokal kapulaga di Indonesia antara lain, Palogo (Sumatera) dan Kapulogo (Jawa)

c. Morfologi

Tanaman terna tahunan, berbatang basah (sukulen) memiliki batang semu yang terbentuk dari pelepah daun yang saling membalut membentuk batang, tinggi hingga 2 m, dengan daun berseling. Bunga tumbuh berkelompok yang keluar dari rimpang, terpisah dari batang semu, terkadang sebagian terendam dalam tanah, tandan dengan panjang batang sampai 10 cm, ditutupi dengan sisik-sisik yang rapat, tersusun seperti ubin dan tidak rontok. Kelopak bunga seperti tabung, mahkota berupa tuba, labellum bundar telur lebar, berambut halus disisi dalam, berwarna kuning dengan garis tengah ungu tua atau putih (kekuningan) dengan pita tengah kuning diapit garis ungu. Buahnya berbentuk kapsul bulat telur, 1 sampai 1,5 cm, bergaris-garis rapat dan berambut pendek halus; bermahkota sisa perhiasan bunga; berbulu dan berwarna abu kelabu. Buah berkumpul dalam tandan kecil dan pendek. Jika sudah matang, buah akan pecah dan membelah berdasarkan ruang-ruangnya. Di dalamnya terdapat biji yang berbentuk bulat telur memanjang, jumlah biji per buah banyak, kecil-kecil, terlindung dalam salut biji (arilus) berwarna keputihan.

2.2 Tanaman Kapulaga

Kapulaga termasuk komoditas ekspor dan masuk kedalam 9 besar rempah-rempah utama dunia. Sebagai komoditas ekspor, dalam dunia perdagangan kapulaga diperjual belikan dalam bentuk kering maupun minyak atsiri. Buah kering kapulaga dipergunakan sebagai rempah-rempah, contohnya dalam bumbu kue dan bumbu kari. Minyak atsiri dari biji kapulaga digunakan sebagai penyedap kue, wewangian, dan obat-obatan. Ada juga yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan *oil of cardamom* yang dijual sebagai penyedap minuman botol dan makanan kaleng (Fachriyah & Sumardi, 2007).

Kapulaga merupakan tanaman rempah asli Indonesia (Sukandar *et al*., 2015). Kapulaga, tanaman dari suku Zingiberaceae digunakan sebagai bumbu masakan dan obat. Dua jenis tanaman kapulaga ada di Indonesia yaitu kapulaga sabrang (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) dan kapulaga lokal (*Amomum compactum* Soland. ex Maton) (Komala *et al*., 2020).

Tanaman kapulaga merupakan tanaman herba aromatik, tinggi mencapai 2 m, dengan rimpang kecil keras dan diameter 12 cm. Daun sessile mempunyai batang bulat dengan diameter 5-7 mm. Daunnya lanset berukuran 25-50 x 4-9 cm, runcing, daun berwarna hijau cerah. Susunan daun berseling, beraroma Ketika dimemarkan. (Silalahi, 2017).

Gambar 2. Morfologi *Amomum compactum* (Silalahi, 2017)

2.3 Minyak Kapulaga

2.3.1 Karakteristik Minyak Kapulaga

Minyak kapulaga merupakan ekstrak yang diperoleh dari tanaman kapulaga (*amomum compactum*). Minyak kapulaga terdapat pada bagian daun, batang, rimpang, buah, dan biji (Arista *et al*., 2023). Minyak kapulaga berwarna kuning muda jernih, *yield* 1,08%, berat jernih 0,9020 g/mL pada suhu 25ºC, indeks bias 1,4690 pada 20ºC. Kandungan minyak kapulaga antara lain: α-pinena, ß-pinena, p-simena, 1,8 *cineole*, α-terpineol dan golongan sesquiterpen lainnya yang belum teridentifikasi (Variyana *et al*., 2023) . Komponen utama minyak kapulaga adalah golongan terpenoid berupa sineol, yaitu zat yang mengurangi aktivitas antikejang, antikanker, antitumor, antibakteri, antiinflamasi, dan antivirus (Efruan *et al*., 2016).

Minyak atsiri mengandung berbagai komponen kimia (Arista *et al*., 2023). Salah satunya 1,8 *cineole* adalah komponen fitokimia utama kapulaga jawa (Nurcholis *et al*., 2022), yang memberikan aroma khas menyenangkan dan menyengat pada minyak atsiri kapulaga (Arista *et al*., 2023) dengan menyumbang 1,8 *cineole* (antioksidan kuat) (Abdullah *et al*., 2022). Minyak atsiri kapulaga adalah herbal yang biasa digunakan untuk pengobatan (Ashrafi *et al*., 2020). Minyak atsiri juga diterapkan dalam industri wewangian, makanan, kosmetik, dan farmasi. Kandungan minyak atsiri dipengaruhi oleh kematangan, kondisi iklim, dan waktu panen (Arista *et al*., 2023). Minyak atsiri merupakan senyawa volatil yang tidak stabil dan mudah rapuh. Akibatnya mereka dapat dengan mudah terurai

melalui oksidasi, penguapan, dan pemanasan ringan, jika tidak dilindungi dari faktor eksternal (Asbahani *et al*., 2015).

2.3.2 Standar Mutu Minyak Kapulaga

Parameter untuk menentukan kualitas minyak kapulaga dapat dilihat dari kadar terpene yang terdapat pada minyak kapulaga. Hal ini mengakibatkan 1,8 *cineole* disebut sebagai ciri utama untuk menentukan kualitas minyak kapulaga. Berdasarkan rancangan SNI tahun 1992, kandungan minyak atsiri pada minyak kapulaga sangat sedikit 3%. Standar mutu kapulaga dan minyak kapulaga didasarkan pada standar nasional Indonesia (SNI 01-3180-1992).

Buah kapulaga yang diekstrak mengandung minyak atsiri termasuk 1,8 *cineole*, terpineol, dan burneol. Kandungan 1,8 *cineole* pada kapulaga sekitar 12%. Biji kapulaga mengandung 3-7% minyak atsiri termasuk betacamphor, alpha borneol, terpineol, dan terpinil asetat. Ekstraksi biji kapulaga menghasilkan minyak atsiri bernama *Oleum cardamom* yang digunakan sebagai stimulan dan pemberi aroma (Rosmainar *et al*., 2017).

Berikut data analisis kimia dan fisika minyak kapulaga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Mutu Minyak Kapulaga Menurut SNI 01-3180-1992

Karakteristik	Persyaratan
	SNI 01-3180-1992
warna	Berwarna kuning muda - Jernih
Bobot jenis	0,9020 (25ºC)
Indeks bias 20ºC	1,4610-1,470
Kelarutan (dalam etanol)	Dalam etanol 90% larutan jernih, perbandingan 1:2

Sumber : SNI 01-3180-1992

2.3.3 Kandungan Kimia Utama Minyak Kapulaga

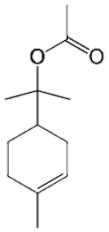
Senyawa yang terkandung pada minyak atsiri salah satunya senyawa 1,8 *cineole*, sineol merupakan senyawa utama pada minyak biji kapulaga. 1,8 *cineole* adalah eter siklik dengan rumus kimia $C_{10}H_{18}O$ yang merupakan golongan hidrokarbon teroksigenasi. Senyawa 1,8 *cineole* mempunyai ciri khas aroma segar dan rasa pedas yang mempunyai banyak manfaat, seperti sebagai obat-obatan, antiseptik, penyedap makanan serta kosmetik (Efruan *et al*., 2016).

Gambar 3. Struktur Molekul 1,8 *Cineole*

Tabel 2. Sifat Kimia dan Fisika 1,8 *Cineole*

Rumus kimia	$C_{10}H_{18}O$
Kelarutan dalam air	3,5 g/l (21ºC)
Titik leleh	1,5ºC
Massa molar	154,25 g/mol
Densitas	0,925 g/cm^3 (20ºC)
Titik didih	174-177ºC

Sumber : (Irvan et al., 2015)



Gambar 4. Struktur Molekul Terpinil Asetat

Tabel 3. Sifat Fisika dan Kimia Terpinil Asetat

Rumus kimia	$C_{12}H_{20}O_2$
Densitas	0,953 g/cm^3 (25ºC)
Indeks bias	1,465
Berat molekul	196,29

Minyak atsiri tersusun dari berbagai senyawa, minyak atsiri pada kapulaga terutama terdiri dari senyawa teroksigenasi. Seperti Pada penelitian yang dilakukan Lucchesi *et al* (2007) mendapatkan 1,8 *cineole*, linalool, terpin, a-terpineol, linalyl asetat, dan terpinil asetat. Akan tetapi didapatkan senyawa paling banyak pada 1,8 *cineole*. Semakin mudah radioasi gelombang *microwave* diserap oleh biji kapulaga maka semakin baik juga interaksi antara gelombang *microwave* dengan bahan, serta

semakin tinggi kandungan komponen aromatik yang diperoleh. Hal ini sesuai dengan apa yang didapatkan sineol lebih polar dibandingkan terpinil asetat (Lucchesi *et al*., 2007).

Tabel 4. Senyawa yang Terdapat di Kapulaga *Elletaria cardamomum*

Kondisi Operasi Waktu (Menit), Daya (W), Kelembaban (%)	Senyawa (%) 1,8 Sineol	Senyawa (%) Linalool	Senyawa (%) Terpin	Senyawa (%) a-terpineol	Senyawa (%) Linalil asetat	Senyawa (%) Terpinil asetat
62-190-38	42,51	7,84	3,95	4,59	6,18	24,78
62-190-62	40,76	7,73	3,71	4,54	6,26	27,33
23-340-62	39,87	8,86	3,88	5,46	6,64	24,66
23-190-38	51,79	7,69	3,57	4,16	4,90	19,40
75-250-50	35,11	7,47	3,66	4,77	6,80	28,87

Sumber : (Lucchesi *et al*., 2007).

2.4 Proses Pengambilan Minyak Atsiri (Ekstraksi)

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan dari bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut dan *non* pelarut. Ekstraksi merupakan proses pemisahan zat dengan mengandalkan perbedaan kelarutan dari dua cairan yang tidak saling larut hingga tercapai fase kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam bahan (Damanik *et al*., 2022). Dengan mengetahui senyawa aktif dalam bahan akan memudahkan dalam memilih pelarut dan cara ekstraksi yang tepat (Raja *et al*., 2014). Pilihan metode ekstraksi yang digunakan bergantung pada tekstur dan kadar air sampel yang diekstraksi. Persentase hasil ekstraksi menunjukkan efisiensi proses ekstraksi (Yulianti *et al*., 2020). Waktu ekstraksi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi, semakin lama waktu ekstraksi maka *yield* yang dihasilkan semakin tinggi. Waktu ekstraksi juga mempengaruhi kandungan fisik dan kimia minyak atsiri yang dihasilkan (Kristanti *et al*., 2019).

2.5 Faktor Ekstraksi

Pada saat melakukan ekstraksi terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya (Luviana *et al*., 2023) :

1. Jenis Pelarut

   Jenis pelarut merupakan faktor yang sangat mempengaruhi ekstraksi. Jenis pelarut dapat mempengaruhi senyawa yang diekstraksi, jumlah zat terlarut

yang diekstrak, dan kecepatan ekstraksi. Suatu senyawa akan larut dalam pelarut yang mempunyai tingkat kepolaran yang relatif sama. Kepolaran suatu pelarut dapat dilihat dari konstanta dielektriknya.

2. Suhu

   Suhu menjadi salah satu faktor terjadinya ekstraksi. Dengan adanya kenaikan suhu dapat membuat jumlah zat yang teresktrak oleh pelarut meningkat.

3. Ukuran Partikel

   Ukuran partikel dapat mempengaruhi cepat lambat laju ekstraksi. Semakin kecil ukuran partikelnya maka laju ekstraksi akan semakin cepat dan sebaliknya sehingga rendemen ekstrak yang didapatkan juga dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan.

4. Pengadukan

   Pengadukan menjadi faktor ekstraksi karena tujuan dari pengadukan ini untuk mempercepat reaksi, dimana reaksi yang terjadi adalah reaksi antara pelarut dengan zat terlarut.

5. Waktu Ekstraksi

   Semakin lama waktu ekstraksi maka ekstrak yang dihasilkan akan lebih banyak begitu juga sebaliknya. Hal ini terjadi karena lamanya waktu mengakibatkan pelarut semakin mudah untuk menarik zat-zat kimia yang terdapat pada ekstrak.

6. Rasio *Feed to Solvent*

   Rasio *feed to solvent* atau rasio pelarut-bahan juga menjadi faktor yang mempengaruhi terjadinya ekstraksi. Semakin besar rasio pelarut-bahan maka jumlah senyawa yang terlarut juga akan semakin besar begitupun sebaliknya sehingga laju ekstraksi dan hasil *yield* akan ikut meningkat.

7. Daya *Microwave*

   Gelombang mikro dapat mempengaruhi terjadinya ekstraksi. Semakin besar daya microwave dan semakin lama waktu ekstraksi dapat menyebabkan berkurangnya kemurnian ekstrak sehingga perlu dilakukan ekstraksi pada daya *microwave* terbaik.

Penggunaan ekstrak alami berkualitas tinggi, yang diperoleh melalui teknologi ramah lingkungan, merupakan fokus dari banyak penelitian di berbagai bidang penelitian. Selain itu, penting juga untuk menjaga integritas senyawa-senyawa ini terhadap degradasi (Andrade *et al*., 2017).

2.6 Metode Ekstraksi Konvensional

Metode konvensional ialah metode lama yang masih digunakan sampai saat ini namun sudah jarang karena metode ini masih banyak kekurangan. Terkait dengan termobilitas komponen minyak atsiri yang mengalami perubahan kimia karena suhu yang diterapkan tinggi (Asbahani *et al*., 2015). Berikut metode ekstraksi konvensional:

2.6.1 Maserasi

Maserasi merupakan metode ekstraksi sederhana dan banyak digunakan dalam skala kecil maupun besar. Proses maserasi dilakukan dengan memasukkan serbuk simplisia dan pelarut tertentu ke dalam wadah inert dan tertutup rapat pada suhu kamar, proses dihentikan sampai tercapai kesetimbangan antara konsentrasi zat senyawa dalam pelarut dan konsentrasi dalam sel tumbuhan, kemudian pelarut dipisahkan dari sampel (Raja *et al*., 2014).

Metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam ekstraksi, kekurangan metode ini membutuhkan waktu yang lama, pelarut yang dipakai cukup banyak, dan beberapa senyawa sulit diekstraksi pada suhu kamar. Namun kelebihan metode ini dapat digunakan pada senyawa yang tidak tahan panas (termolabil) (Syamsul *et al*., 2020).

2.6.2 Soxhletasi

Metode ini serbuk simplisia ditempatkan dalam kertas saring yang diletakkan dalam tabung yang ditempatkan di atas labu dan dibawah kondesor. Pelarut dimasukkan ke dalam labu, dan suhu penangas diatur dibawah rufluks. Cara kerja metode ini adalah penyaringan yang dilakukan secara berulang-ulang, menghasilkan filtrat yang lebih sempurna dan menggunakan pelarut yang lebih sedikit. Ketika filtrasi selesai, pelarut diuapkan untuk mendapatkan ekstrak kental (Firyanto *et al*., 2020).

Metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan, kelebihan metode ini ekstraksi dilakukan secara kontinyu dan tidak membutuhkan banyak pelarut. Sedangkan

kekurangan metode ini tidak dapat digunakan untuk ekstraksi senyawa yang tidak tahan panas (termolabil) karena dapat terdegradasi (Alifah *et al*., 2023)

2.6.3 Hidrodistilasi

Hidrodistilasi merupakan metode penyulingan langsung (*direct distillation*) dimana simplisa yang digunakan akan mengalami kontak langsung dengan pelarut yang dipanaskan. Metode hidrodistilasi sering juga disebut dengan metode penyulingan mendidih. Kelebihan metode ini sederhana dan sering digunakan dalam skala kecil, kekurangan metode ini hilangnya beberapa komponen dan terjadinya proses degradasi dari beberapa senyawa tidak jenuh yang diakibatkan oleh efek termal atau disebabkan oleh proses hidrolisis (Iskandar *et al*., 2023).

2.7 Metode Ekstraksi *Modern*

Metode ekstraksi *modern* (baru) suatu metode yang dibuat untuk mempertahankan agar komposisi kimia, proporsi alami pada minyak atsiri tetap terjaga. Metode baru juga harus mengurangi waktu ekstraksi, konsumsi energi, dan penggunaan pelarut (Asbahani *et al*., 2015). Di bawah ini merupakan metode ekstraksi *modern*:

2.7.1 Metode Solvent-Free Microwave Extraction (SFME)

Solvent-Free Microwave Extraction (SFME) merupakan teknologi baru ekstraksi ramah lingkungan menggunakan bahan tanaman segar atau sampel kering sebagai bahan baku untuk mengekstraksi minyak atsiri dengan pemanasan gelombang mikro pada tekanan atmosfer (Yingngam *et al*., 2021). Lucchesi *et.al* (2007) melakukan suatu ekstraksi gelombang mikro bebas pelarut tentang teknik baru untuk ekstraksi minyak esensial (Lucchesi *et al*., 2007). Air di dalam sel tumbuhan akan memanas menyebabkan peningkatan suhu di dalam sampel dengan cepat dan menguap di bawah radiasi gelombang mikro, menyebabkan tekanan di dalam sel utuh tetap meningkat, mengakibatkan kelenjar pecah dan pelepasan molekul target. Metode SFME memanfaatkan air yang terkandung dalam bahan sacara in-situ sebagai media ekstraksi minyak kapulaga, yang secara efektif menghindari gangguan lingkungan ekstrernal terhadap hasil dan kualitas minyak kapulaga. Selain itu, arah perpindahan massa dan konduksi panas pada metode SFME dari dalam keluar sel, sehingga sangat mempercepat proses ekstraksi (Qiu *et al*., 2022).

Daya masukkan gelombang mikro yang dibutuhkan berhubungan langsung dengan ukuran dan berat sampel. Daya harus cukup untuk mencapai suhu didih air (100ºC), yang menentukan suhu ekstraksi. Namun potensinya tidak boleh terlalu tinggi, karena akan menyebabkan hilangnya senyawa volatil dan degradasi senyawa bioaktif. Waktu ekstraksi juga merupakan faktor utama yang secara langsung mempengaruhi efisiensi ekstraksi saat menggunakan SFME (Li *et al*., 2013). Penggunaan gelombang mikro pada proses ekstraksi dapat mempercepat proses ekstraksi karena pemanasan gelombang mikro mempunyai sifat selektif dan volumetrik. Pemanasan bersifat selektif, yaitu radiasi gelombang mikro dapat langsung menembus labu distilasi yang dapat mentransmisikan gelombang mikro, sehingga radiasi tersebut dapat langsung diserap oleh bahan. Sedangkan pemanasan *volumetric* yaitu memanaskan langsung seluruh volume bahan baku agar proses pemanasan lebih seragam dan cepat (Putri *et al*., 2022).

Sampel yang telah disiapkan ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam bejana reaksi yang telah disiapkan sesuai volume yang telah ditentukan, dan dipanaskan dengan radiasi gelombang mikro sesuai variabel yang telah ditentukan. Selama proses, uap air mengembun melalui kondesor di luar rongga gelombang mikro yang dilalui (Azmir *et al*., 2013).

Keunggulan metode SFME adalah perlakuan tanpa penambahan pelarut, waktu relatif singkat, konsumsi energi rendah dan kemurnian produk tinggi (Putri *et al*., 2022). *Yield* minyak yang tinggi dicapai melalui proses *pretreatment* sebelum ekstraksi bahan baku yang berkualitas tinggi. *Pretreatment* bahan baku merupakan faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi minyak atsiri, kadar air yang rendah pada bahan baku akan meningkatkan umur simpan bahan baku. Minyak atsiri yang berasal dari tumbuhan terdapat pada jaringan tumbuhan yang terlindung oleh air, sehingga jika kadar air terlalu tinggi maka minyak atsiri akan sulit di ekstraksi (Nurnasari & Prabowo, 2019).

Dari penelitian yang dilakukan Muzakhar *et al.,* (2023) tentang minyak dari bunga mawar kubis dengan membandingkan dua metode yaitu *solvent-free microwave extraction* dengan *hydro-distilasi microwave* didapatkan *yield* yang berbeda. Metode SFME didapatkan *yield* sebesar adalah 0,358% dengan waktu ekstraksi 90 menit, daya *microwave* 450 W. Sedangkan metode MHD didapatkan

yield sebesar 0,152% dengan waktu ekstraksi selama 90 manit, daya gelombang mikro 450 W. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) merupakan metode yang lebih efektif dan efisien dengan variabel waktu, tenaga, dan *yield*. Dimana *yield* yang diperoleh dengan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) lebih banyak dan waktu ekstraksi yang dibutuhkan lebih singkat apabila dibandingkan dengan metode *hydro-distilasi microwave* (Muzakhar *et al*., 2023)

2.7.2 Metode Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG)

Metode ekstraksi yang telah dikembangkan salah satunya *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) (Olalere *et al*., 2017). Vian *et.al* (2008) melakukan sebuah teknik baru ekstraksi minyak esensial, dengan metode *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (Vian *et al*., 2008). Ekstraksi menggunakan metode gravitasi gelombang mikro merupakan salah satu metode terbaru yang potensial untuk mengekstraksi oleoresin rempah-rempah dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Penerapan ekstraksi gravitasi gelombang mikro dapat mengurangi waktu ekstraksi, konsumsi pelarut dan energi, suhu terkontrol, serta menghasilkan *yield* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Damanik *et al*., 2022).

Penggunaan energi gelombang mikro dalam analisis kimia pertama kali muncul pada tahun 1971 untuk mencerna sampel biologis di bawah tekanan kondisi diikuti dengan analisis unsur. Ini adalah awal penerapan radiasi gelombang mikro dalam preparasi sampel. Meskipun teknik ekstraksi soxhlet dan pelarut tradisional masih diterima secara luas, teknik tersebut mempunyai keterbatasan, waktu ekstraksi lebih lama dan menggunakan pelarut organik dalam jumlah besar.

MHG adalah alembik gelombang mikro “terbalik” asli, menggabungkan pemanasan gelombang mikro dan gravitasi bumi pada tekanan atmosfer. Teknologi ini memungkinkan rasa menyebar ke luar bahan tanaman, secara bertahap oleh gravitasi bumi keluar dari reaktor gelombang mikro. Sistem pendingin di luar oven *microwave* secara kontinyu mengembunkan ekstrak. Jika proses tradisional dilakukan dalam waktu 3 jam atau lebih MHG bebas pelarut memerlukan waktu kurang dari 30 menit (Llompart *et al*., 2019).

Berdasarkan prinsip sederhana, metode ini terdiri dari penempatan bahan tanaman di dalam reaktor gelombang mikro tanpa penambahan pelarut atau air, karena air yang terkandung di dalam tanaman akan dikeluarkan dan dipindahkan dari dalam ke luar bahan tanaman, Ini merupakan fenomena fisik hidro-difusi, yang memungkinkan ekstrak keluar dari reaktor gelombang mikro secara gravitasi (Li *et al*., 2013). MHG mendorong batasan ekstraksi berbantuan gelombang mikro. MHG lebih jauh menuju proses yang inovatif, cepat, efisien, dan ramah lingkungan untuk proses sekunder tanaman. Teknik MHG menggabungkan gelombang mikro dan gravitasi, dan memiliki potensi untuk banyak aplikasi ekstraktif. MHG mewakili alternatif yang efisien, ekonomis, dan bersih karena memerlukan lebih sedikit energi atau tanpa penggunaan pelarut (Benmoussa *et al*., 2018).

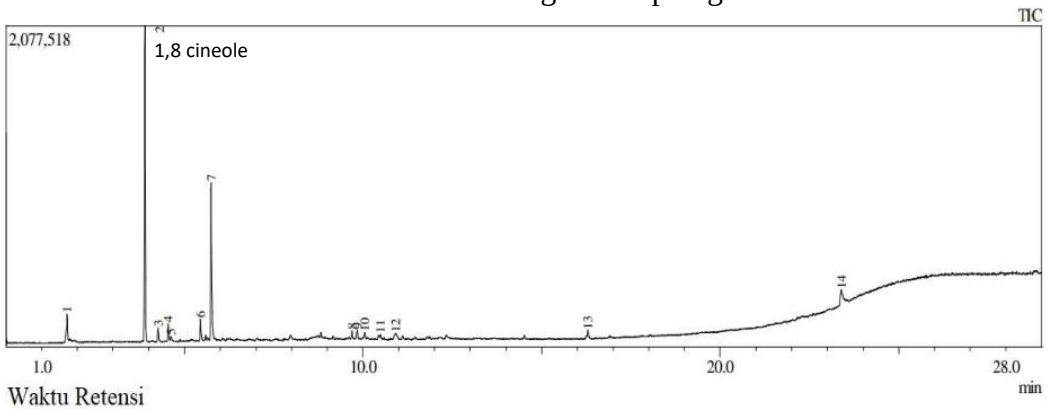
Dari penelitian yang dilakukan Benmoussa *et.al* (2018) tentang minyak atsiri dari biji jinten Tunisia dengan membandingkan dua metode yaitu *microwave hydrodiffusion and gravity* (MHG) dengan hidrodistilasi konvensional (HD) menghasilkan *yield* yang berbeda. Metode MHG didapatkan *yield* sebesar 1,579% dengan waktu ekstraksi 16 menit daya *microwave* 203,30 W. Sedangkan metode HD didapatkan *yield* sebesar 1,550% dengan waktu ekstraksi 150 menit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) menghasilkan *yield* yang lebih tinggi, waktu ekstraksi lebih singkat, beban lingkungan yang lebih rendah, dan konsumsi energi yang lebih sedikit dibandingkan Hidrodistilasi Konvensional (HD). Kombinasi iradiasi gelombang mikro, gravitasi, dan air in situ dalam biji jinten merupakan kekuatan pendorong utama di balik efektivitas MHG dibandingkan dengan HD (Benmoussa *et al*., 2018).

2.8 Analisis GC-MS

Untuk menentukan senyawa yang terkandung dalam hasil ekstraksi, digunakan analisis *Gas Cromatography and Mass Spectroscopy* (GC-MS) (Arista *et al*., 2023). *Gas Cromatography and Mass Spectroscopy* (GC-MS) adalah salah satu metode yang paling cocok untuk menentukan komponen minyak atsiri dan mengidentifikasi berbagai metabolit ekstrak tumbuhan. Sistem GC berfungsi untuk memisahkan senyawa-senyawa yang diukur berdasarkan sifat kinetik masing-masing senyawa dan menghasilkan retensi sebagai parameter terukur. Sedangkan sistem MS

berperan sebagai pengukur massa atau spektrometer massa senyawa-senyawa yang dipisahkan oleh sistem GC, karena setiap senyawa yang dipisahkan dengan sistem GC akan terionisasi dalam sistem MS, maka senyawa tersebut akan terfragmentasi membentuk fragmen ion bila terionisasi dengan jumlah massa yang berbeda (Tarigan & Saragih, 2023). Prinsip kerja dasar GC-MS ialah gas (polar) bisa berupa nitrogen, helium, dan hidrogen, merupakan fase gerak yang akan mendorong sampel injektor menuju kolom yang merupakan fase diam (non polar) bisa berupa *silica gel*, fase gerak akan membawa senyawa yang bersifat polar kemudian diuapkan, yang akan diionisasi dan dideteksi oleh detektor sebagai sinyal-sinyal data kemudian diterjemahkan menjadi data yang mudah dipahami dalam bentuk diagram. Sedangkan senyawa non polar akan terjerat atau tertinggal bersama fase diam (Kumar, 2021). Dari penelitian yang dilakukan Tarigan *et.al* (2023) mengenai identifikasi kandungan senyawa bioaktif buah kapulaga (*Amomum compactum*) menggunakan metode maserasi, menghasilkan senyawa yang paling tinggi yaitu 1,8 *cineole*, dengan besarnya luas area 43,85%. Hasil penelitian Tarigan *et.al* (2023) dapat dilihat pada Tabel 5. dan Tabel 6.

Tabel 5. Kromatogram Kapulaga



Sumber : (Tarigan & Saragih, 2023)

Tabel 6. Senyawa yang Terdapat di Kapulaga

No Puncak	Senyawa	R.T (min)	Area (%)
1	3-Pentanol	1,709	5,26
2	1,8 Cineole	3,889	43,85
3	Cis-Sabinene hydrate	4,259	2,41
4	L-Linalool	4,543	2,83
5	Trans Sabinene hydrate	4,620	0,99
6	Alpha-Terpineol	5,450	3,88
7	Alpha-Terpineol	5,747	27,56

No Puncak	Senyawa	R.T (min)	Area (%)
8	Beta-Selinene	9,693	1,36
9	Beta- Bisabolene	9,834	1,11
10	Beta-Sesquiphellandrene	10,044	1,02
11	Nerolidol B (Cis or Trans)	10,490	0,92
12	d-Ledol	10,911	2,47
13	Oleic acid methyl ester	16,294	1,29
14	1-Piperoylpiperidine	23,391	5,05

Sumber : (Tarigan & Saragih, 2023)

2.9 Analisis Indeks Bias

Indeks bias merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas minyak atsiri dan untuk pengujian kemurnian minyak. Uji indeks bias dilakukan berdasarkan pengukuran langsung sudut sinar yang dibiaskan minyak biji kapulaga pada suhu 20ºC. Pengujian indeks bias dilakukan dengan menggunakan refaktometer (Iskandar *et al*., 2023).

2.10 Uji SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi serbuk biji kapulaga sebelum dan sesudah diekstraksi. Indikator dan kelayakan terkait metode ekstraksi minyak yang digunakan lalu dievaluasi (Xiao *et al*., 2022).

2.11 Uji Taksonomi

Taksonomi adalah ilmu yang mempelajari tentang identifikasi, tata nama, dan klasifikasi biasanya terbatas oleh objek biologi. Unsur utama yang membentuk taksonomi tumbuhan adalah pengenalan yang meliputi penamaan dan klasifikasi. Taksonomi menyediakan sarana untuk melakukan identifikasi terhadap seluruh tumbuhan. Taksonomi memberikan nama ilmiah dalam bahasa latin dari setiap kelompok tumbuhan yang ada di bumi, baik yang masih hidup maupun sudah fosil (Hasnunidah, 2019).

2.12 Uji Organoleptik

Uji organoleptik merupakan ilmu yang menggunakan indera manusia untuk mengukur parameter warna, rasa, aroma dan konsistensi suatu produk (Ismawati *et al*., 2020). Indera yang digunakan dalam uji organoleptik adalah indera penglihat atau mata, indera pengecap atau lidah dan indera peraba atau tangan. Kemampuan alat indera tersebut akan menjadi kesan yang nantinya menjadi penilaian terhadap produk yang diuji berdasarkan sensor atau rangsangan yang diterima oleh indera (Gusnadi *et al*., 2021). Uji organoleptik berperan dalam pengembangan produk

dengan meminimalisir risiko dalam pengambilan keputusan. Uji organoleptik dapat digunakan untuk mengevaluasi adanya perubahan yang diinginkan atau tidak diinginkan pada produk atau formulasi, mengindentifikasi area yang memerlukan perbaikan, menentukan apakah hasil maksimal telah dicapai, menentukan apakah optimasi telah diperoleh (Ismawati *et al*., 2020).

2.13 Penelitian Terdahulu

Tabel 7. Hasil Penelitian Terdahulu Metode SFME dan MHG

Nama Penulis	Judul	Variabel	Hasil
Benmoussa et al., 2018	*Microwave hydrodiffusion and gravity for rapid extraction of essential oil from Tunisian cumin* (*Cuminum cyminum L.) seeds: Optimization by response surface methodology*	Daya *microwave* 250 W, tekanan atmosfer	Rendemen minyak atsiri jinten yang diperoleh dengan MHG adalah 1,579 ± 0,05% dibandingkan 1,550 ± 0,07% dengan HD dalam waktu ekstraksi 16 menit dan 150 menit dengan HD
Arista et al., 2023	*Profile Volatile Compounds in Essential Oils on Different Parts of Cardamom with Antioxidant Activity*	waktu ekstraksi 6 jam dengan tetesan pertama dari setiap sampel 1 jam setelah disuling	Rendemen minyak atsiri terbesar pada kapulaga didapatkan dari biji yaitu menghasilkan 1,041% (5,5 kg, %v/b).
Asofiei et al., 2017	*Microwave Hydrodiffusion And Gravity, A Green Method For The Essential Oil Extraction From Ginger-Energy Considerations*	Jahe 200 g, daya MHG 460 atau 680 W selama 13-25 menit dengan suhu 106-108ºC suhu pendingin 5ºC	Hasil terbaik untuk ekstraksi menggunakan metode MHG mengingat waktu ekstraksi yang lebih singkat (5 kali lebih rendah dari MHD)
Sukandar et al., 2015	Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kapulaga (*Amomum Compactum Sol. Ex Maton) Antibacterial Activity Of Amomum*	ekstraksi *soxhlet* selama 7 jam. 1,21 kg serbuk biji kapulaga dan pelarut metanol 250 ml	Ekstrak yang dihasilkan sebanyak 46,17 dengan rendemen 3,8 %

Nama Penulis	Judul	Variabel	Hasil
	Compactum Sol. Ex Maton Extract		
Khalili et al., 2018	*Solvent-free Microwave Extraction of Essential* Oils *From Thymus Vulgaris L. and Melisa Officinalis L*	menggunakan metode SFME daya *microwave* 700 W, dibandingkan dengan HD	Rendeman yang dihasilkan daun thyme (SFME 1,23%, HD 1,05%) rendemen daun elissa (SFME 0,54%, HD 0,41%) waktu ekstraksi 42 menit SFME, 4 jam HD
Wei et al., 2023	*Extraction of Cinnamomum Longepaniculatum Deciduous Leaves Essential Oil Using Solvent-Free Microwave Extraction* : *Process Optimization and Quality Evaluation*	menggunakan metode SFME, pengkondisian kelembapan dengan *response surface methodology* (RSM), *Box Behnken Design* (BBD) untuk mengevaluasi 3 variabel :kadar air, daya *microwave*, dan waktu	Hasil dari optimasi menggunakan RSM = A: 58%, B: 400 W, C: 28 menit, rendemen pada kondisi optimal didapatkan maksimum 4,475 ml/100g

Dari beberapa penelitian tersebut, metode ekstraksi yang digunakan yaitu secara konvensional dan *microwave* yang menggunakan pelarut MHD dan HD. Metode tersebut pada umumnya menggunakan pelarut organik yang mempunyai efek negative seperti adanya residu yang beracun, perubahan kimia senyawa ekstrak dan limbah yang sulit terdegradasi. Metode ekstraksi yang ramah lingkungan (*green extraction*) minyak atsiri menggunakan pemanasan microwave, seperti *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dan *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG) (Fitri & Widyastuti, 2017).

Maka dari itu, peneliti menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) dan *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* (MHG). Kedua metode ini dapat mempercepat ekstraksi, tanpa pelarut, menghemat daya dan mengurangi dampak lingkungan. Prinsip metode SFME melibatkan pemanasan internal air dalam sampel dan menggembungkan sel tanaman dan menyebabkan

pecahnya kelenjar minyak atsiri (Wei *et al*., 2023). Prinsip metode ekstraksi MHG ini pemanasan gelombang mikro dari alembik (bejana) terbalik dan gravitasi bumi di tekanan atmosfer. Bahan ditempatkan dalam bejana gelombang mikro terbalik tanpa tambahan pelarut. Pemanasan internal di dalam *microwave* dapat menyebabkan pecahnya atau pelepasan minyak atsiri (Asbahani *et al*., 2015). Penggunaan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menentukan pengaruh beberapa variabel dan mengoptimalkan proses dengan mengurangi uji coba eksperimen yang diperlukan untuk mengevaluasi beberapa variabel dan responnya, RSM cocok digunakan untuk optimalisasi ekstraksi minyak kapulaga (Kusuma & Mahfud, 2015).