

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Minyak atsiri merupakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat mudah menguap dan memiliki aroma khas, yang biasanya diperoleh melalui metode penyulingan atau ekstraksi dari bagian tanaman seperti daun, bunga, atau kulit batang (Nisa *et al.*, 2014). Daun sirih (*Piper betle* L.) dikenal luas sebagai tanaman obat tradisional yang memiliki berbagai khasiat kesehatan. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif yang terdapat di dalamnya, yaitu senyawa kimia alami yang memiliki aktivitas biologis pada tubuh manusia. Beberapa senyawa bioaktif utama pada daun sirih, yaitu eugenol, chavicol, karvakrol, cineol, safrol, dan allylpyrokatekol yang memberikan aktivitas antibakteri, antijamur, antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker (Purnamasari dan Wijayati, 2016). Menurut Badan POM RI, (2004) kandungan kimia dari daun sirih hijau adalah minyak atsiri dengan komponen utama chavicol dan kavibetol (betelfenol).

Permasalahan utama dalam pemanfaatan minyak atsiri daun sirih (*Piper betle* L.) terletak pada rendahnya rendemen dan mutu minyak yang dihasilkan, belum adanya standar mutu nasional (SNI) khusus untuk minyak daun sirih, serta efektivitas dan efisiensi metode ekstraksi yang belum optimal dalam memperoleh dan mempertahankan senyawa aktif utamanya. Metode yang paling umum digunakan dalam industri adalah destilasi uap air (*steam distillation*). Meskipun metode ini banyak diterapkan karena sederhana dan tidak memerlukan bahan kimia tambahan, namun terdapat sejumlah keterbatasan signifikan. Proses destilasi uap air umumnya memerlukan waktu yang panjang tergantung pada jumlah bahan baku dan kapasitas alat. Proses ini juga membutuhkan energi panas dalam jumlah besar untuk menghasilkan uap air yang dibutuhkan dalam ekstraksi, yang menyebabkan konsumsi energi tinggi dan biaya operasional yang

tidak efisien (Feriyanto *et al.*, 2013). Suhu tinggi dan waktu pemanasan yang lama selama proses destilasi berpotensi menyebabkan degradasi termal terhadap senyawa aktif dalam minyak atsiri, terutama senyawa volatil dan termolabil. Akibatnya, profil kimia dan kualitas bioaktivitas dari minyak atsiri yang diperoleh dapat menurun secara signifikan. Selain itu, senyawa-senyawa tersebut juga dapat mengalami isomerisasi atau oksidasi, yang berpengaruh terhadap efektivitas farmakologis ekstrak (Kawiji *et al.*, 2015). Hal ini menjadi hambatan serius dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi proses, khususnya pada skala industri ketika targetnya adalah menghasilkan ekstrak berkualitas tinggi dengan kandungan senyawa aktif yang optimal.

Microwave assisted extraction (MAE) merupakan alternatif terbaik untuk menggantikan proses ekstraksi konvensional karena pengembangan metode ekstraksi yang lebih efisien, cepat, dan ramah lingkungan, dengan tetap menjaga stabilitas dan integritas senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun sirih. Dalam metode MAE, pemanasan muncul tepat di inti bahan yang sedang dipanaskan dan panas menyebar dari dalam ke luar bahan tersebut, sedangkan pada metode ekstraksi konvensional, panas menembus perlahan dari luar ke dalam suatu bahan. (Lopez, 2014).

Prinsip kerja pada MAE yaitu panas radiasi gelombang mikro yang dapat memanaskan dan menguapkan air pada sel sampel sehingga tekanan pada dinding sel meningkat dan mengakibatkan sel membengkak (*swelling*) dan tekanan tersebut mendorong dinding sel dari dalam, meregangkan, dan memecahkan sel. Berbagai penelitian, termasuk oleh (Effendy *et al.*, 2020), telah menunjukkan bahwa MAE mampu memperpendek waktu ekstraksi, mengurangi konsumsi pelarut, serta meningkatkan kualitas dan rendemen ekstrak minyak atsiri dibandingkan metode konvensional.

Hubungan antara daya *microwave* dengan rendemen dan mutu minyak atsiri tidak bersifat linear, melainkan bergantung pada

karakteristik bahan dan kondisi ekstraksi. Peningkatan daya *microwave* umumnya mempercepat kenaikan suhu sehingga rendemen meningkat pada tahap awal, tetapi jika terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi senyawa volatil dan menurunkan mutu minyak. Penelitian Megawati, Fardhyantia & Sediawan, (2019) menunjukkan bahwa pada ekstraksi minyak atsiri fuli, daya 600 W menghasilkan rendemen tertinggi sekaligus mutu terbaik, sedangkan pada 800 W rendemen menurun akibat degradasi senyawa dan keterbatasan kondensor. Sebaliknya, beberapa penelitian lain, seperti Routray dan Orsat (2012), menemukan bahwa daya tinggi justru menjaga mutu karena waktu paparan panas lebih singkat, meskipun rendemen bisa berkurang akibat kehilangan komponen volatil. Oleh karena itu, terdapat titik optimum daya yang perlu ditentukan agar ekstraksi menghasilkan rendemen maksimal tanpa mengorbankan mutu, yang bergantung pada jenis bahan, stabilitas komponen bioaktif, dan desain peralatan yang digunakan.

Dari sisi teknik biosistem, pengolahan minyak daun sirih merupakan bagian dari sistem agroindustri berkelanjutan yang melibatkan pengukuran kadar air dan ukuran partikel daun, yang mempengaruhi efisiensi ekstraksi serta pengelolaan pascapanen, termasuk pengeringan daun pada suhu terkontrol untuk menjaga stabilitas senyawa bioaktif. Dalam konteks rekayasa proses, ekstraksi minyak atsiri dari daun sirih membutuhkan sistem yang mampu mengoptimalkan panas dan waktu ekstraksi untuk mempertahankan senyawa volatil. Teknologi seperti *Microwave Assisted Extraction* (MAE) sangat menjanjikan karena mempercepat proses ekstraksi hingga 80% dibandingkan distilasi konvensional. Menghemat energi karena pemanasan terjadi secara volumetrik langsung pada bahan serta menurunkan degradasi senyawa termolabil (Nisa *et al.*, 2014).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Yingli, (2013) MAE memiliki potensi besar untuk

menggantikan metode konvensional pada skala industri. Dengan modifikasi desain reaktor (kontrol daya, pendinginan, distribusi medan listrik) dan penerapan protokol HACCP/HAZOP, proses dapat dijalankan secara efisien, aman, dan berkelanjutan. Hasilnya adalah ekstrak dengan rendemen tinggi dan kualitas lebih baik karena suhu dapat dijaga tetap stabil dan waktu pemrosesan singkat, sehingga kerusakan senyawa berharga dapat diminimalkan.

Minyak atsiri daun sirih (*Piper betle* L.) memiliki nilai komersial yang tinggi karena aplikasinya dalam industri farmasi, kosmetik, dan pangan. Harga minyak atsiri menurut permintaan pasar harga minyak sirih tahun 2021 Rp 339.000/ ml, PT. Solomon Pasifik menawarkan minyak sirih hijau *essential oil* dengan harga sekitar Rp 3.300.000/L, dan berdasarkan laporan penelitian yang dipublikasikan oleh Das *et al.*, (2016) *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, harga minyak atsiri daun sirih di pasar internasional dilaporkan sekitar 10 USD per 5 mL atau setara 2 USD per mL.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk menghasilkan 1 L minyak sirih dibutuhkan sekitar 691,6 kg daun segar atau setara dengan 151,6 kg daun kering. Sementara itu, untuk memperoleh 100 mL minyak sirih diperlukan sekitar 69,2 kg daun segar atau 15,16 kg daun kering. Perhitungan ini didasarkan pada asumsi kadar air daun segar sebesar 81,62% dan kadar air setelah penjemuran sebesar 16,15%, dengan densitas minyak 0,84 g/mL serta rendemen rata-rata 0,554%. Dengan kapasitas ekstraksi 150 g per ulangan, jumlah ulangan yang dibutuhkan diperkirakan mencapai  $\pm 1.010$  kali. Kondisi ini menunjukkan adanya keterbatasan laboratorium dalam penerapan metode ekstraksi skala kecil, karena selain membutuhkan bahan baku dalam jumlah yang sulit dipenuhi, prosesnya juga membutuhkan biaya yang tidak efisien. Oleh karena itu, penelitian ini lebih difokuskan pada kajian perbandingan rendemen dan mutu minyak dalam skala

laboratorium, sementara produksi dalam skala besar memerlukan modifikasi metode atau penggunaan peralatan dengan kapasitas yang lebih tinggi. Namun, Amaresh *et al.*, (2017) melaporkan bahwa metode MAHD mampu memangkas waktu ekstraksi dari 210 menit menjadi 50 menit per ulangan. Hal ini membuktikan bahwa MAE/MAHD jauh lebih efisien, dan efisiensi akan semakin tinggi jika kapasitas alat ditingkatkan untuk skala produksi.

Berdasarkan hasil pra-penelitian yang telah dilakukan dengan metode pengecilan ukuran di blender dan penjemuran 2 hari didapatkan hasil dengan metode oven suhu 105°C dengan kadar air segar 80,23% sedangkan setelah penjemuran 15,94%. Inputan bahan baku yang digunakan 120 gram sehingga minyak yang dihasilkan hanya berupa beberapa tetesan. Semakin halus ukuran daun yang digunakan, rendemen minyak yang diperoleh semakin sedikit. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Supriyadi & Moh Fakhry, (2022) ekstraksi pemanasan dengan cara perebusan dan *microwave* dengan variasi pengecilan ukuran rendemen paling banyak terdapat pada sampel penumbukan + mikrowave (BY) yaitu 62,8% dan rendemen paling sedikit terdapat pada sampel Blender + Perebusan (AX) yaitu 46,4%. Hal ini dikarenakan proses blender menghasilkan panas yang dapat merusak komponen bioaktif pada daun mimba. Adanya perbedaan jumlah rendemen selain disebabkan oleh perbedaan pengecilan ukuran juga disebabkan oleh perbedaan pemanasan pada sampel.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Widaryanto, (2012) menunjukkan bahwa umur panen berpengaruh nyata pada rendemen. Produksi rendemen meningkat dengan bertambahnya umur panen disebabkan oleh semakin lama kesempatan tanaman untuk hidup dan tumbuh. Ini menandakan bahwa umur panen menyebabkan perbedaan rendemen yang signifikan. Selain itu ada faktor lain yang menyebabkan perbedaan rendemen yaitu pengadukan dalam MAE berfungsi untuk menciptakan distribusi panas yang merata di dalam reaktor. Penelitian yang dilakukan

(Yingli, 2013) menjelaskan bahwa reaktor batch skala besar dilengkapi pengadukan mekanis dengan kecepatan variabel untuk menjaga keseragaman suhu selama ekstraksi. Hal ini penting karena distribusi medan elektromagnetik yang tidak seragam dapat menimbulkan titik panas (*hot spots*) yang menyebabkan degradasi senyawa atau ekstraksi tidak merata. Pada penelitian ini, sistem MAE yang digunakan tidak dilengkapi pengadukan mekanis, sehingga pemerataan panas hanya mengandalkan difusi alami di dalam reaktor. Ketika dilakukan pengadukan manual, terjadi pecahan pada pipa T-konektor akibat akumulasi panas di satu titik (*hot spot*). Oleh karena itu, solusi yang direkomendasikan adalah memodifikasi sistem MAE dengan mekanisme putar atau pengadukan otomatis sehingga pemerataan panas lebih optimal, waktu ekstraksi lebih singkat, dan risiko kerusakan komponen akibat panas berlebih dapat dihindari.

Berdasarkan temuan tersebut, peneliti memutuskan untuk tidak melanjutkan penelitian dengan perlakuan pengecilan ukuran, melainkan beralih menggunakan variasi daya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengeksplorasi potensi perlakuan variasi daya terhadap rendemen minyak sirih dengan judul penelitian **Analisis Pengaruh Daya Microwave dan Karakteristik Bahan terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Atsiri Daun Sirih (*Piper Betle* L.) Menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE)** dengan tujuan penelitian adalah untuk memperoleh formulasi metode ekstraksi yang optimal, baik dari aspek kualitas kimia ekstrak maupun efisiensi proses.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh daya *microwave* dan karakteristik bahan terhadap jumlah rendemen minyak yang dihasilkan?
2. Bagaimana analisis ekonomi dari proses ekstraksi sirih menggunakan MAE?

3. Bagaimana daya *microwave* memengaruhi rendemen minyak sirih dalam bentuk model matematis?

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh daya *microwave* dan karakteristik bahan terhadap rendemen dan mutu minyak sirih.
2. Menganalisis biaya pokok pada alat MAE.
3. Menganalisis daya *microwave* memengaruhi rendemen minyak sirih dalam bentuk model matematis

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh daya *microwave* dan karakteristik bahan terhadap rendemen dan mutu minyak sirih.
2. Mengetahui biaya pokok pada alat MAE.
3. Mengetahui daya *microwave* memengaruhi rendemen minyak sirih dalam bentuk model matematis

