

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan global terhadap minyak atsiri kemangi (*Ocimum basilicum L.*) mengalami peningkatan signifikan dengan laju pertumbuhan sekitar 12% per tahun, mencapai volume ±1.200 ton pada tahun 2023 (Hyani *et al.*, 2023; Market Research Future, 2023). Peningkatan ini didorong oleh tren produk clean-label, aromaterapi, serta kebutuhan bahan alami dalam industri pangan dan kesehatan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi besar dengan luas budidaya kemangi mencapai 12.340 ha dan produksi sekitar 24.000 ton daun per tahun (BPS, 2022). Namun demikian, kontribusi Indonesia terhadap pasar global masih rendah, dengan nilai ekspor hanya USD 12,4 juta, jauh di bawah India (USD 287 juta), China (USD 156 juta), dan Vietnam (USD 89 juta) (UN Comtrade, 2023).

Rendahnya kontribusi tersebut berkorelasi langsung dengan keterbatasan efisiensi proses ekstraksi. Metode distilasi uap konvensional hanya menghasilkan rendemen sekitar 0,01-0,08%, bahkan pada beberapa studi hanya 0,01-0,02% dari berat segar (Ayu Putri *et al.*, 2021). Artinya, dari 1.500 g daun segar hanya diperoleh ±0,1-0,2 mL minyak, jauh di bawah standar industri internasional sebesar 0,8-1,2% dengan waktu proses 3–6 jam per batch (Stan *et al.*, 2022). Rendemen yang rendah ini menyebabkan kehilangan potensi ekonomi hingga 30-40%, serta meningkatkan konsumsi energi akibat durasi pemanasan yang panjang (ITC, 2023).

Secara ilmiah, rendahnya efisiensi ekstraksi disebabkan oleh karakteristik mikrostruktur daun kemangi. Senyawa utama seperti linalool (39-55%), estragole (9-31%), dan eugenol (5-7%) tersimpan dalam kelenjar minyak (glandular trichomes) dengan kepadatan 800-1.200 kelenjar/cm², yang dilindungi oleh dinding sel setebal 2-4 µm dan lapisan kutikula hidrofobik (Stan *et al.*, 2022). Struktur ini menyebabkan hambatan difusi tinggi dengan koefisien difusi hanya sekitar $1,2 \times 10^{-11}$ m²/s (Ayu Putri *et al.*, 2021). Selain itu, suhu distilasi mendekati 100°C dapat menyebabkan degradasi senyawa volatil, khususnya konversi linalool menjadi senyawa lain seperti limonene dan ocimene (Chang *et al.*, 2021).

Sebagai solusi, teknologi non-termal seperti *High Pulsed Electric Field* menawarkan pendekatan berbasis elektroporasi. HPEF bekerja dengan medan listrik 0,5–50 kV/cm dalam waktu singkat yang mampu membentuk pori membran berukuran 20–120 nm, sehingga meningkatkan permeabilitas sel hingga 3-5 kali dengan kenaikan suhu rendah (<5°C) (Vorobiev & Lebovka, 2020; Roselló-Soto *et al.*, 2021). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa HPEF dapat meningkatkan rendemen hingga ±30%, menurunkan waktu distilasi sebesar 37,5%, serta mengurangi konsumsi energi hingga 28% (Hariono & Citra Kusumasari, 2025). Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada parameter proses seperti kuat medan listrik ($E = V/d$), jarak elektroda, dan waktu paparan.

Meskipun demikian, terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang masih jelas. Pertama, belum terdapat studi spesifik yang mengkaji penerapan HPEF pada *Ocimum basilicum L.* secara komprehensif dalam sistem destilasi uap ((Ayu Putri *et al.*, 2021; Stan *et al.*, 2022). Kedua, variasi jarak elektroda (0,5-1,5 cm) sebagai parameter kritis dalam menentukan distribusi medan listrik belum dianalisis secara sistematis (Hariono & Citra Kusumasari, 2025). Ketiga, belum ada integrasi analisis antara rendemen, laju destilasi, dan konsumsi energi dalam satu kerangka evaluasi berbasis neraca proses. Keempat, optimasi waktu paparan dalam rentang 10-20 detik untuk mencapai keseimbangan antara permeabilisasi sel dan stabilitas jaringan masih belum terdefinisi secara kuantitatif (Sukardi *et al.*, 2020)

Berdasarkan kesenjangan tersebut, keterbaharuan penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan variasi jarak elektroda (0,5-1,5 cm) dan waktu paparan (10-20 detik) dalam pretreatment HPEF terhadap kinerja destilasi uap minyak atsiri kemangi. Secara spesifik, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi peningkatan rendemen (target >0,5%), tetapi juga mengkaji efisiensi proses melalui parameter kuantitatif seperti konsumsi energi (kJ), energi spesifik (kJ/g minyak), dan efisiensi energi (%). Pendekatan ini menghasilkan indikator kinerja yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya, sehingga mampu memberikan dasar ilmiah dan teknis dalam pengembangan proses ekstraksi minyak atsiri yang lebih efisien, terukur, dan aplikatif pada skala industri.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pra-perlakuan HPEF dengan variasi jarak elektroda 0,5 cm; 1 cm; dan 1,5 cm serta waktu paparan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik terhadap rendemen minyak atsiri daun kemangi melalui proses destilasi uap air?
2. Bagaimana pengaruh pra-perlakuan HPEF terhadap karakteristik mutu kimia minyak atsiri daun kemangi yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh interaksi antara jarak elektroda dan waktu paparan HPEF terhadap efisiensi proses (rendemen, waktu destilasi, dan konsumsi energi) secara simultan?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh pra-perlakuan HPEF dengan variasi jarak elektroda (0,5 cm; 1 cm; dan 1,5 cm) dan waktu paparan (10 detik, 15 detik, dan 20 detik) terhadap rendemen minyak atsiri daun kemangi yang dihasilkan melalui proses destilasi uap air.
2. Untuk mengevaluasi pengaruh pra-perlakuan HPEF terhadap karakteristik mutu kimia minyak atsiri daun kemangi yang dihasilkan.
3. Untuk menganalisis efek interaksi jarak elektroda dan waktu paparan HPEF terhadap efisiensi proses destilasi secara simultan.

1.4 Manfaat

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh HPEF dengan variasi jarak elektroda dan waktu paparan terhadap rendemen dan karakteristik mutu kimia minyak atsiri daun kemangi.
2. Menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan metode ekstraksi minyak atsiri menggunakan teknologi nontermal, khususnya HPEF, yang lebih efisien dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi secara kuantitatif dan karakteristik kimia.
3. Mendukung pemanfaatan HPEF sebagai alternatif teknologi inovatif dalam proses ekstraksi minyak atsiri, khususnya pada bahan baku aromatik seperti daun kemangi, sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dan potensi pengembangan di bidang industri pangan, farmasi, dan kosmetik.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan daun kemangi (*Ocimum basilicum* L.) sebagai bahan baku dan ekstraksi minyak atsiri dilakukan dengan metode destilasi uap air.
2. Pra-perlakuan HPEF dibatasi pada variasi jarak elektroda 0,5 cm, 1 cm, dan 1,5 cm serta waktu paparan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik.
3. Parameter yang dibahas dalam penelitian ini terbatas pada rendemen dan karakteristik mutu kimia minyak atsiri daun kemangi.
4. Tegangan listrik pada pra-perlakuan HPEF dibatasi tetap 15 kV berdasarkan referensi penelitian terdahulu yang telah terbukti efektif pada ekstraksi minyak atsiri menurut penelitian (Hariono & Citra Kusumasari, 2025)