BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi negara penghasil kelapa (*Cocos nucifera* L.) terbesar di dunia. Data Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2023) menyebutkan bahwa total produksi kelapa nasional mencapai 2,90 juta ton pada tahun 2023 dan akan mencapai 2,92 juta ton pada tahun 2026, menempatkan Indonesia sebagai produsen sekaligus eksportir kelapa terkemuka secara global. Luas areal perkebunan kelapa di Indonesia mencapai lebih dari 3,3 juta hektar yang tersebar di berbagai wilayah kepulauan, menjadikan komoditas ini sebagai salah satu sumber penghasilan utama bagi petani dan pelaku industri hilir (Kementrian Pertanian, 2023).

Buah kelapa menyimpan beragam komponen bioaktif yang memiliki nilai tinggi dan belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal oleh industri dalam negeri. Salah satu komponen tersebut adalah fosfolipida, yaitu kelas lipid amfipatik yang menjadi penyusun membran sel pada organisme hidup. Daging kelapa kering mengandung 0,04% (b/b) fosfolipida total dengan komposisi yang mencakup fosfatidiletonolamin (PE), fosfatidilkolin (PC), dan fosfatidilserin (PS) dengan bagian hidrofob berupa asam laurat (C12:0), asam heksadekanoat (C16:0), dan asam oktadekanoat (C18:0). Profil lipid terbaru menggunakan LC-HRMS mengonfirmasi bahwa glikofosfolipida merupakan senyawa dominan dalam ekstrak daging kelapa sebesar 49,60% dari seluruh lipid teridentifikasi, dengan fosfatidilkolin (PC) sebagai spesies dominan pada kelompok glikofosfolipida dengan prevalensi 39,80%. (Hudiyanti dkk., 2025).

Tantangan yang muncul dalam pemanfaatan fosfolipida kelapa secara komersial adalah efisiensi proses ekstraksi yang berpengaruh langsung terhadap hasil ekstrak fosfolipida kelapa. Metode konvensional seperti maserasi dan sokletasi memiliki keterbatasan, meliputi kebutuhan waktu proses yang lama (12-48 jam), konsumsi pelarut organik dalam jumlah besar, rendemen yang relatif rendah, serta potensi degradasi senyawa akibat paparan panas yang berkelanjutan (Kumar dkk., 2021). Keterbatasan ini mendorong peneliti untuk mengeksplorasi teknologi ekstraksi modern yang lebih efisien, ramah lingkungan, mampu mempertahankan struktur fosfolipida kelapa, dan juga mampu mengekstrak fosfolipida kelapa dengan jumlah yang besar.

Ekstraksi berbantuan ultrasonik atau *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) telah berkembang menjadi salah satu metode ekstraksi yang banyak digunakan oleh para peneliti karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan teknik konvensional, di antaranya efisiensi yang lebih tinggi, suhu proses yang lebih rendah, konsumsi pelarut yang lebih sedikit, dan biaya peralatan yang relatif rendah. Metode ini juga memperpendek waktu proses dan menurunkan konsumsi energi (Husna dkk., 2024). Prinsip kerja UAE didasarkan pada fenomena kavitasi akustik, yaitu pembentukan dan kolaps gelembung mikro akibat gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi (biasanya 20-60 kHz) yang menghasilkan tekanan dan suhu lokal yang ekstrem, sehingga mampu memecahkan dinding sel tanaman yang menyebabkan terjadinya perpindahan massa senyawa target ke dalam pelarut (Li dkk., 2022). Metode UAE telah berhasil diterapkan pada berbagai matriks tanaman dan terbukti unggul dibanding maserasi konvensional. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa ekstraksi pelarut berbantuan ultrasonik memberikan hasil (yield) yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa ultrasonik menggunakan pengadukan mekanis. Adapun penelitian UAE pada bahan dari tanaman kelapa juga telah dilakukan; misalnya, ekstraksi berbantuan ultrasonik pada mesokarp kelapa muda (Cocos nucifera L.) untuk senyawa fenolik telah dilakukan menggunakan probe ultrasonik pada frekuensi 26 kHz dengan pelarut etanol 50% (Leliana dkk., 2022).

Pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan ekstraksi. Etanol telah ditemukan memiliki afinitas tinggi terhadap senyawa-senyawa target sehingga menjadi pilihan yang baik untuk ekstraksi. Alasan lain penggunaan etanol adalah keterjangkauan harganya, berasal dari sumber terbarukan, dan dikategorikan sebagai pelarut GRAS (*Generally Recognized as Safe)* (Kumar dkk., 2021). Sifat etanol yang mampu melarutkan senyawa polar maupun semipolar menjadikannya sangat relevan untuk mengekstrak fosfolipida yang bersifat amfipatik. Struktur molekul etanol memungkinkan untuk melarutkan senyawa polar hidrofilik, maupun senyawa nonpolar hidrofobik, sehingga dapat digunakan untuk mengekstrak berbagai senyawa target (Li dkk., 2022).

Kombinasi antara gelombang ultrasonik dan pelarut etanol memberikan hasil yang optimal dalam proses pelepasan fosfolipida dari matriks daging kelapa. Daging kelapa (endosperma padat) tersusun atas sel-sel parenkim yang memiliki dinding sel berlapis dan mengandung butiran minyak (*oil bodies*) yang diselubungi lapisan membran fosfolipida. Secara mekanis, gelombang ultrasonik menghasilkan fenomena kavitasi akustik, yaitu pembentukan dan kolapsnya gelembung mikro

secara implosif di dalam medium cair. Kolaps tersebut melepaskan gaya geser (*shear forces*), gelombang kejut (*shock waves*), dan mikrojet yang secara mekanis meruntuhkan dinding sel daging kelapa. Keruntuhan dinding sel ini membuka akses langsung bagi pelarut terhadap bagian intraseluler, termasuk membran sel yang kaya akan fosfolipida, sehingga mempercepat perpindahan massa senyawa target ke dalam fase pelarut (Dave dkk., 2018). Secara bersamaan, turbulensi yang dihasilkan oleh kavitasi akustik meningkatkan koefisien difusi pelarut ke dalam matriks kelapa, sehingga kontak antarmuka etanol dan komponen lipid menjadi jauh lebih intensif dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional (Liu dkk., 2022). Ditinjau dari sisi kimia pelarut, fosfolipida kelapa yang bersifat amfipatik memiliki kepala fosfat polar (fosfatidilkolin, fosfatidilserin, fosfatidiletanolamin) dan ekor asam lemak nonpolar yang secara selektif larut dalam etanol yang juga bersifat semipolar, memungkinkannya berinteraksi sekaligus dengan bagian hidrofilik dan hidrofobik fosfolipida melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals. Etanol di samping itu juga mampu mendisrupsi interaksi hidrofobik antara fosfolipida dan protein penyimpan (oleosin) yang menyelebungi oil bodies kelapa, sehingga fosfolipida yang menjadi komponen membran *oil bodies* tersebut dapat terlepas ke dalam larutan (Dave dkk., 2018). Dengan demikian, UAE menggunakan etanol untuk mengintegrasikan disrupsi fisik matriks oleh ultrasonik dan afinitas kimia selektif terhadap fosfolipida amfipatik, menghasilkan efisiensi ekstraksi yang mampu melampaui metode konvensional (Chen dkk., 2024).

Berbagai parameter UAE, khususnya pulser (yang juga dikenal sebagai *duty cycle* atau siklus kerja) dan waktu ekstraksi merupakan variabel kritis yang sangat

memengaruhi efisiensi dan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Pulser mengacu pada pengaturan pola kerja ultrasonik, yaitu perbandingan antara waktu sonikasi aktif (*on*) terhadap total waktu proses, yang dapat berjalan secara kontinu maupun berdenyut (*pulsed*). Penelitian menunjukkan bahwa *duty cycle* secara signifikan memengaruhi aktivitas antioksidan ekstrak dan rendemen senyawa target. Dibandingkan dengan mode kontinu, ultrasonic berdenyut (*pulse ultrasound)* meningkatkan rendemen ekstraksi sebesar 5-27%, asam klorogeneat sebesar 12-29%, dan total flavonoid sebesar 8-42% (Kobus dkk., 2022). Pentingnya optimasi parameter UAE pada bahan berbasis kelapa telah dibuktikan oleh beberapa penelitian terkini. Aiello dkk. (2022) melaporkan bahwa UAE terbukti efektif mengekstraksi protein dan lipid dari *press cake* kelapa (sisa perasan minuman kelapa) melalui mekanisme kavitasi akustik yang mendisrupsi struktur sel kelapa dan meningkatkan laju transfer massa, menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Sementara itu, penelitian UAE pada mesocarp kelapa muda (*Cocos nucifera* L.) untuk senyawa fenolik menunjukkan bahwa optimasi parameter UAE, termasuk *pulse duty cycle* (0,4-1,0 s^{-1}) secara signifikan memengaruhi rendemen dan mutu ekstrak yang diperoleh dari matriks kelapa (Leliana dkk., 2022). Selain itu, penelitian UAE pada pemurnian minyak kelapa murni dari limbah pengolahan kelapa mengonfirmasi bahwa perlakuan ultrasonik multi-frekuensi meningkatkan rendemen ekstraksi lipid dari matriks padat kelapa sebesar 32,58–43,31% dibandingkan dengan metode tanpa ultrasonik, dengan bukti SEM bahwa kavitasi akustik secara efektif mendisrupsi struktur sel kelapa (Chen dkk., 2024). Temuan-temuan ini secara kolektif menguatkan

pentingnya optimasi parameter ultrasonik, khususnya pulser dan waktu ekstraksi, dalam memaksimalkan hasil ekstraksi senyawa lipid dari bahan berbasis kelapa.

UAE telah banyak diteliti untuk ekstraksi berbagai senyawa bioaktif dari tanaman, tetapi kajian spesifik mengenai optimasi ekstraksi fosfolipida dari kelapa (*Cocos nucifera* L.) menggunakan pelarut etanol dengan variasi pulser dan waktu masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian UAE pada kelapa berfokus pada senyawa fenolik atau antioksidan, sementara fosfolipida yang memiliki nilai fungsional sangat tinggi dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik belum mendapatkan perhatian yang memadai. Penelitian ini menjadi penting mengingat: (1) kelapa merupakan komoditas unggulan Indonesia dengan produksi melimpah yang belum sepenuhnya dioptimalkan nilai tambahnya; (2) fosfolipida memiliki nilai ekonomi dan fungsional yang sangat tinggi; (3) UAE dengan pelarut etanol merupakan metode yang ramah lingkungan, aman, dan berpotensi menghasilkan rendemen tinggi; serta (4) variasi pulser dan waktu merupakan parameter kunci yang belum terkarakterisasi dengan baik untuk sistem ekstraksi fosfolipida dari kelapa.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh variasi pulser dan waktu ekstraksi pada proses UAE menggunakan pelarut etanol terhadap yield fosfolipida dari daging kelapa.
2. Menentukan kondisi optimum (nilai terbaik *pulser* dan waktu) yang memberikan yield fosfolipida tertinggi.

3. Mengevaluasi pengaruh variasi pulser dan waktu terhadap karakteristik dasar fosfolipida hasil ekstraksi melaui analisis gugus fungsi, komposisi kimia, dan sifat fisik