JTPT : Jurnal Teknik Pertanian Terapan | E-ISSN. 3025-6925
Vol. 3 No. 2 Februari 2026
Hal. 60-71

Pengaruh Perlakuan Pengeringan Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) terhadap Rendemen, Konsumsi Energi, dan Karakteristik Fisik Minyak Atsiri Hasil Destilasi Uap

Effect of Drying Treatment of Sweet Orange (Citrus sinensis) Peel on Yield, Energy Consumption, and Physical Characteristics of Essential Oil Obtained by Steam Distillation

Lulus Mualimin[1], Mentari Sekar Arum[2], Muhammad Ihsan Alfarizi[3]

[1]Teknologi Rekayasa Pengemasan, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember
[2]Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
[3]Keteknikan Pertanian, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

*Email Koresponden: lulus_mualimin@polije.ac.id

Received : 5 Februari 2026 | Accepted : 27 Februari 2026 | Published : 27 Februari 2026

Kata Kunci

Jamur entomopatogen, pestisida hayati, *Verticillium lecanii*

Copyright (c) 2026 Authors Lusus Mualimin, Mentari Sekar Arum, Muhammad Ihsan Alfarizi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan limbah agroindustri yang berpotensi sebagai sumber minyak atsiri bernilai tinggi, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Perlakuan pengeringan sebelum destilasi diduga mempengaruhi efisiensi ekstraksi, kebutuhan energi proses, serta mutu minyak atsiri yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan pengeringan kulit jeruk manis terhadap rendemen, konsumsi energi, dan karakteristik fisik minyak atsiri hasil destilasi uap. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor dengan dua perlakuan, yaitu kulit jeruk segar dan kulit jeruk yang dikeringkan dengan sinar matahari, masing-masing tiga ulangan. Ekstraksi minyak atsiri dilakukan menggunakan metode destilasi uap skala laboratorium, rendemen dihitung berbasis bobot kering, konsumsi energi diukur menggunakan kWh meter, sedangkan karakteristik fisik meliputi indeks bias, berat jenis, warna, dan kadar air dianalisis dengan metode standar. Hasil menunjukkan bahwa pengeringan meningkatkan rendemen minyak atsiri secara signifikan (1,37% db) dibandingkan kulit segar (0,77% db), menurunkan konsumsi energi destilasi, serta menghasilkan minyak dengan indeks bias lebih tinggi, kadar air lebih rendah, dan warna lebih jernih. Disimpulkan bahwa pengeringan kulit jeruk sebelum destilasi uap efektif meningkatkan efisiensi proses

JTPT : Jurnal Teknik Pertanian Terapan | E-ISSN. 3025-6925
Vol. 3 No. 2 Februari 2026
Hal. 60-71

dan mutu fisik minyak atsiri yang dihasilkan.

Keywords

Steam distillation; Sweet orange peel; Energy consumption; Essential oil; Drying.

ABSTRACT

Sweet orange (Citrus sinensis) peel is an abundant agro-industrial waste with high potential as a source of valuable essential oil, yet its utilization remains suboptimal. Drying treatment prior to distillation is presumed to influence extraction efficiency, energy requirements, and the physical quality of the resulting essential oil. This study aimed to analyze the effect of drying treatment of sweet orange peel on yield, energy consumption, and physical characteristics of essential oil obtained by steam distillation. The research employed a completely randomized design with one factor consisting of two treatments, namely fresh orange peel and sun-dried orange peel, each with three replications. Essential oil extraction was conducted using laboratory-scale steam distillation, yield was calculated on a dry basis, energy consumption was measured using a kWh meter, and physical characteristics including refractive index, density, color, and moisture content were analyzed using standard methods. The results showed that drying significantly increased essential oil yield (1.37% db) compared to fresh peel (0.77% db), reduced distillation energy consumption, and produced oil with higher refractive index, lower moisture content, and clearer appearance. It is concluded that drying orange peel prior to steam distillation effectively improves process efficiency and the physical quality of essential oil produced.

1. PENDAHULUAN

Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan limbah agroindustri yang dihasilkan dari konsumsi dan pengolahan jeruk di Indonesia dengan jumlah yang cukup besar. Produksi jeruk nasional yang mencapai lebih dari 2 juta ton per tahun berimplikasi pada tingginya akumulasi limbah kulit jeruk, yang diperkirakan mencapai 40–50% dari bobot buah (Figueira et al., 2023). Limbah kulit jeruk tersebut umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan (Nayana & Wani, 2024). Padahal, kulit jeruk diketahui mengandung minyak atsiri dengan komponen volatil utama seperti limonena yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, kosmetik, dan farmasi (Karne et al., 2023)(Tundis et al., 2023). Oleh karena itu, pemanfaatan kulit jeruk sebagai bahan baku minyak atsiri menjadi alternatif strategis untuk meningkatkan nilai tambah limbah pertanian.

Minyak atsiri dari kulit jeruk umumnya diperoleh melalui proses destilasi, salah satunya metode destilasi uap yang banyak digunakan karena mampu mengekstraksi senyawa volatil secara efektif dengan risiko degradasi termal yang relatif rendah (Golmohammadi et al.,

2018). Rendemen minyak atsiri kulit jeruk dilaporkan berada pada kisaran 0,3–2,5% (b/b), yang dipengaruhi oleh kondisi bahan baku serta parameter operasi destilasi (Teigiserova et al., 2021). Dengan demikian, pengendalian kondisi awal kulit jeruk sebelum proses destilasi menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi proses dan jumlah minyak atsiri yang dihasilkan.

Perlakuan pengeringan pada kulit jeruk diketahui memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil ekstraksi minyak atsiri. Pengeringan dapat menurunkan kadar air bahan, meningkatkan konsentrasi minyak per satuan bobot, serta menyebabkan perubahan struktur jaringan sekretori pada kulit jeruk sehingga mempermudah pelepasan minyak selama proses destilasi uap (Suardhika et al., 2018). Studi oleh (Shandu et al., 2021) menunjukkan bahwa perlakuan pra-pengeringan pada bahan sitrus dapat memperbaiki efisiensi difusi uap selama destilasi, sehingga meningkatkan pelepasan senyawa volatil. Selain itu, pengeringan menyebabkan perubahan struktur jaringan sekretori dan kerusakan parsial kelenjar minyak yang mempermudah ekstraksi. Namun demikian, proses pengeringan juga berpotensi menyebabkan kehilangan sebagian senyawa volatil akibat penguapan, terutama apabila dilakukan pada suhu dan waktu yang tidak terkontrol (Sari et al., 2021). Oleh karena itu, pengaruh pengeringan kulit jeruk terhadap rendemen minyak atsiri perlu dikaji secara kuantitatif.

Selain rendemen, aspek konsumsi energi pada proses destilasi uap menjadi perhatian penting dalam pengembangan proses yang efisien dan berkelanjutan. Proses destilasi dikenal sebagai proses intensif energi, dengan konsumsi energi yang dapat mencapai 1–5 kWh per siklus destilasi skala laboratorium, tergantung pada kadar air kulit jeruk dan durasi operasi (Manyako et al., 2022). Kulit jeruk dengan kadar air tinggi umumnya memerlukan waktu pemanasan lebih lama untuk mencapai kondisi destilasi stabil, sehingga meningkatkan konsumsi energi (Tamimi et al., 2025). Dalam konteks ini, perlakuan pengeringan kulit jeruk berpotensi menurunkan beban energi proses, namun dampaknya perlu dianalisis secara bersamaan dengan rendemen minyak atsiri.

Karakteristik fisik minyak atsiri, seperti indeks bias, berat jenis, warna, dan kadar air, merupakan indikator penting mutu dan kemurnian minyak atsiri (Amanullah & Sukumar, 2025). Minyak atsiri kulit jeruk umumnya memiliki nilai indeks bias pada kisaran 1,47–1,48 dan berat jenis 0,84–0,86, yang dapat dipengaruhi oleh komposisi senyawa volatil serta kandungan air dalam minyak (Emole et al., 2024). Perbedaan kondisi bahan baku, khususnya perlakuan pengeringan kulit jeruk, diduga mempengaruhi karakteristik fisik tersebut melalui perubahan komposisi dan stabilitas minyak atsiri yang dihasilkan dari proses destilasi uap.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan pengaruh pengeringan terhadap rendemen minyak atsiri kulit jeruk serta pengaruh kadar air terhadap konsumsi energi destilasi, sebagian besar studi tersebut masih mengkaji parameter tersebut secara terpisah. Kajian yang mengintegrasikan analisis rendemen, konsumsi energi, dan karakteristik fisik minyak atsiri dalam satu kerangka evaluasi efisiensi proses destilasi uap masih terbatas, khususnya pada pemanfaatan limbah kulit jeruk manis di tingkat skala laboratorium. Selain itu, hubungan antara perlakuan pengeringan bahan baku dengan perubahan mutu fisik minyak atsiri serta implikasinya terhadap efisiensi energi proses belum banyak dianalisis secara komprehensif. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan pengeringan kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) terhadap rendemen,

konsumsi energi, dan karakteristik fisik minyak atsiri yang dihasilkan melalui metode destilasi uap. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pemanfaatan limbah kulit jeruk sebagai bahan baku bernilai tambah serta mendukung pengembangan proses destilasi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2. METODE

2.1 Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) yang diperoleh dari petani jeruk di Kecamatan Semboro, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Bahan kimia yang digunakan meliputi akuades dan bahan pendukung lain yang diperlukan untuk analisis karakteristik fisik minyak atsiri. Alat utama yang digunakan antara lain unit destilasi uap, pemanas listrik, kondensor, neraca analitik, refraktometer, piknometer, oven pengering, colorimeter (atau metode visual terstandar), serta alat ukur energi listrik (kWh meter).

2.2 Preparasi Bahan Baku Kulit Jeruk

Kulit jeruk dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, kemudian ditiriskan. Selanjutnya, kulit jeruk dibagi menjadi dua perlakuan, yaitu kulit jeruk segar dan kulit jeruk kering. Perlakuan pengeringan dilakukan menggunakan sinar matahari langsung pada suhu lingkungan berkisar 30–35 °C selama 2–3 hari hingga diperoleh bobot yang relatif konstan, yang ditandai dengan perubahan bobot kurang dari 1% selama dua kali penimbangan berturut-turut (Thakur et al., 2025). Perlakuan kulit jeruk segar digunakan langsung tanpa proses pengeringan sebagai kontrol.

2.3 Metode Destilasi Uap

Ekstraksi minyak atsiri dilakukan menggunakan metode destilasi uap (*steam distillation*) (Sukardi et al., 2021). Proses destilasi dilakukan menggunakan unit destilasi uap skala laboratorium yang terdiri atas ketel uap (*boiler*), tabung destilasi, kondensor, dan penampung distilat. Sistem pemanasan menggunakan pemanas listrik dengan daya nominal tertentu (±1000–1500 W). Kondensor yang digunakan bertipe pendingin air (*water-cooled condenser*) untuk mengembunkan uap minyak dan air. Proses destilasi dijalankan hingga tidak ditemukan lagi minyak atsiri yang terikut dalam distilat.Selama proses destilasi, suhu dan laju aliran uap dijaga relatif konstan untuk setiap perlakuan guna memastikan keseragaman kondisi operasi. Hasil destilasi berupa campuran air dan minyak atsiri (*distilat*) dipisahkan menggunakan corong pisah berdasarkan perbedaan densitas. Minyak atsiri yang diperoleh kemudian disimpan dalam botol kaca gelap dan tertutup rapat untuk mencegah degradasi sebelum dilakukan analisis lebih lanjut

2.4 Perhitungan Rendemen Minyak Atsiri

Perhitungan rendemen minyak atsiri dilakukan berdasarkan bobot kering (*dry basis*) untuk memperoleh perbandingan yang adil antar perlakuan pengeringan. Pendekatan ini bertujuan untuk mengeliminasi pengaruh kadar air bahan sehingga rendemen yang diperoleh benar-benar mencerminkan kemampuan bahan dalam melepaskan minyak atsiri akibat perlakuan pengeringan yang diberikan. Menurut (Ikarini et al., 2025) rendemen minyak atsiri dihitung sebagai perbandingan antara massa minyak atsiri yang dihasilkan (Mo) dengan massa bahan kulit jeruk dalam kondisi

kering aktual, yaitu massa awal bahan (Mcp) dikalikan dengan fraksi bahan kering (1 − χ). Perhitungan rendemen dinyatakan dalam persen dan disajikan pada persamaan (1):

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Mo}{Mcp\ x\ (1-\chi)} x\ 100 \quad (1)$$

dengan:
Mo = massa minyak atsiri yang diperoleh (g),
Mcp = massa awal kulit jeruk yang digunakan (g),
χ = kadar air bahan (%).

Kadar air kulit jeruk ditentukan menggunakan metode standar AOAC. Perhitungan rendemen berbasis bobot kering ini memungkinkan evaluasi yang lebih akurat terhadap pengaruh perlakuan pengeringan, karena efek air dalam bahan dieliminasi. Dengan demikian, perbedaan rendemen yang diperoleh mencerminkan secara nyata efektivitas proses pengeringan terhadap pelepasan minyak atsiri dari kulit jeruk.

2.5 Analisis Konsumsi Energi

Analisis konsumsi energi dilakukan menggunakan metode perhitungan energi listrik langsung (*Direct Electrical Energy Measurement*) (Kaveh et al., 2025). Konsumsi energi dihitung berdasarkan daya pemanas dan lama waktu operasi destilasi. Pengukuran daya dilakukan menggunakan kWh meter, sedangkan waktu destilasi dicatat menggunakan stopwatch. Konsumsi energi dihitung menggunakan persamaan (2).

$$E = P \times t \quad (2)$$

dengan Eadalah konsumsi energi (kWh), Padalah daya pemanas (kW), dan $t$adalah waktu destilasi (jam). Metode ini dipilih karena mampu memberikan estimasi konsumsi energi aktual selama proses destilasi berlangsung.

2.6 Analisis Karakteristik Fisik Minyak Atsiri

Analisis karakteristik fisik minyak atsiri meliputi indeks bias, berat jenis, warna, dan kadar air. Indeks bias diukur menggunakan refraktometer pada suhu ruang. Berat jenis ditentukan menggunakan piknometer. Warna minyak atsiri dianalisis menggunakan colorimeter atau metode pengamatan visual terstandar. Kadar air ditentukan menggunakan metode oven atau metode gravimetri (Amanullah & Sukumar, 2025).

2.7 Model Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu perlakuan kondisi bahan kulit jeruk. Perlakuan terdiri atas dua taraf, yaitu P1: kulit jeruk segar tanpa pengeringan dan P2: kulit jeruk yang dikeringkan menggunakan sinar matahari. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga ulangan (U1, U2, dan U3), sehingga diperoleh enam unit percobaan (P1U1, P1U2, P1U3, P2U1, P2U2, dan P2U3).Pada setiap unit percobaan, proses destilasi uap dilakukan menggunakan 5 kg kulit jeruk sebagai bahan baku. Air sebagai pembangkit uap dimasukkan ke dalam ketel

uap dengan volume ±10 L. Proses destilasi dijalankan selama 2–3 jam, terhitung sejak distilat pertama terbentuk, dengan kondisi operasi yang dijaga relatif konstan pada seluruh perlakuan dan ulangan.Parameter yang diamati meliputi rendemen minyak atsiri berbasis bahan kering, konsumsi energi destilasi, serta karakteristik fisik minyak atsiri yang meliputi indeks bias, berat jenis, warna, dan kadar air.

2.8 Analisis Statistik

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan uji beda untuk mengetahui pengaruh perlakuan pengeringan kulit jeruk terhadap rendemen, konsumsi energi, dan karakteristik fisik minyak atsiri. Data dianalisis menggunakan uji t independen pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Analisis statistik dilakukan setelah data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) sebelum destilasi uap berpengaruh terhadap rendemen minyak atsiri, konsumsi energi proses, dan karakteristik fisik minyak yang dihasilkan. Perbedaan kadar air bahan akibat pengeringan memengaruhi efisiensi pelepasan minyak atsiri selama destilasi, kebutuhan energi pemanasan, serta mutu fisik minyak, yang tercermin pada nilai indeks bias, berat jenis, warna, dan kadar air minyak.

3.1 Rendemen

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan rendemen minyak atsiri antara kulit jeruk segar dan kulit jeruk yang dikeringkan menggunakan sinar matahari.Data lengkap hasil rendemen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.Data Rendemen Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*)

Perlakuan	Kode Ulangan	Massa Bahan (kg)	Rendemen (% db)	Rata – rata Rendemen
Kulit jeruk segar	P1U1	5	0,74	0,77 ± 0,035[b]
	P1U2	5	0,81	
	P1U3	5	0,77	
Kulit jeruk kering (sinar matahari)	P2U1	5	1,32	1,37 ± 0,046[a]
	P2U2	5	1,41	
	P2U3	5	1,38	

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf kepercayaan 95% (p < 0,05) berdasarkan uji lanjut (Uji Tukey).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan kulit jeruk manis menggunakan sinar matahari menghasilkan rendemen minyak atsiri yang lebih tinggi (1,32–1,41% db) dibandingkan dengan kulit jeruk segar (0,74–0,81% db). Berdasarkan nilai rata-rata, rendemen meningkat dari 0,77% menjadi 1,37% (db), yang menunjukkan peningkatan sebesar ±78%. Peningkatan yang signifikan ini mengindikasikan bahwa pengeringan memberikan efek positif terhadap efisiensi pelepasan minyak atsiri selama proses destilasi

uap. Peningkatan rendemen pada kulit jeruk kering disebabkan oleh penurunan kadar air bahan yang meningkatkan konsentrasi minyak atsiri per satuan bobot kering serta mengurangi hambatan difusi uap air selama destilasi (Yuniati et al., 2024)(Bechlin et al., 2020). Selain itu, proses pengeringan berkontribusi terhadap kerusakan parsial jaringan sekretori dan kelenjar minyak pada kulit jeruk, sehingga senyawa volatil lebih mudah terlepas saat pemanasan (Suardhika et al., 2018)(Teigiserova et al., 2021).

Penggunaan perhitungan rendemen berbasis bobot kering (*dry basis*) memastikan bahwa perbedaan yang diamati benar-benar mencerminkan pengaruh perlakuan pengeringan, bukan akibat variasi kadar air awal bahan. Hasil ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyatakan bahwa pengeringan bahan tanaman pada suhu rendah hingga sedang dapat meningkatkan rendemen minyak atsiri tanpa menyebabkan kehilangan volatil yang signifikan (Sari et al., 2021).

3.2 Konsumsi Energi

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan konsumsi energi antara kulit jeruk segar dan kulit jeruk yang dikeringkan sebelum destilasi. Perlakuan pengeringan cenderung menurunkan waktu destilasi sehingga konsumsi energi menjadi lebih rendah dibandingkan tanpa pengeringan. Data lengkap konsumsi energi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi Energi Destilasi Uap Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis pada Kondisi Bahan Berbeda

Perlakuan	Kode Ulangan	Waktu Destilasi (jam)	Daya (kW)	Konsumsi Energi (kWh)	Rata – Rata Konsumsi Energi
P1 – Kulit jeruk segar	P1U1	2,85	1,2	3,42	3,54 ± 0,12[a]
	P1U2	2,95	1,2	3,54	
	P1U3	3,05	1,2	3,66	
P2 – Kulit jeruk kering matahari	P2U1	2,10	1,2	2,52	2,64 ± 0,12[b]
	P2U2	2,20	1,2	2,64	
	P2U3	2,30	1,2	2,76	

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan kulit jeruk manis memberikan pengaruh nyata terhadap konsumsi energi proses destilasi uap. Rata-rata konsumsi energi pada kulit jeruk segar (P1) sebesar 3,54 kWh menghasilkan rendemen 0,77%, sedangkan pada kulit jeruk kering (P2) konsumsi energi menurun menjadi 2,64 kWh namun mampu menghasilkan rendemen lebih tinggi yaitu 1,37%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi ekstraksi meningkat secara signifikan. Jika dihitung berdasarkan rasio rendemen terhadap energi, perlakuan P1 menghasilkan efisiensi sebesar 0,217% per kWh, sedangkan P2 mencapai 0,519% per kWh, yang berarti terjadi peningkatan efisiensi hampir 2,4 kali lipat. Selain itu, perlakuan pengeringan mampu menurunkan konsumsi energi sebesar ±25,4% dibandingkan bahan segar. Temuan ini menegaskan bahwa pengurangan kadar air bahan baku tidak hanya meningkatkan rendemen minyak atsiri, tetapi juga secara simultan memperbaiki efisiensi energi proses destilasi uap.

Penurunan konsumsi energi pada perlakuan kulit jeruk kering disebabkan oleh rendahnya kadar air bahan, sehingga energi yang dibutuhkan untuk pemanasan awal dan penguapan air menjadi lebih kecil (Ferhat et al., 2018). Kulit jeruk segar dengan kadar air tinggi memerlukan energi tambahan untuk mencapai kondisi destilasi stabil, yang berdampak pada perpanjangan waktu operasi dan peningkatan konsumsi energi total (Quyen et al., 2019). Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan tidak hanya meningkatkan rendemen minyak atsiri, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi energi proses destilasi uap. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyatakan bahwa pengurangan kadar air bahan baku merupakan strategi efektif untuk menekan beban energi pada proses ekstraksi berbasis termal (Golmohammadi et al., 2018).

3.3 Karakteristik Fisik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan mempengaruhi karakteristik fisik minyak atsiri yang dihasilkan. Minyak dari kulit jeruk kering memiliki indeks bias sedikit lebih tinggi, berat jenis lebih rendah, warna lebih jernih, serta kadar air lebih rendah dibandingkan tanpa pengeringan, yang mengindikasikan mutu dan kemurnian minyak yang lebih baik. Data lengkap karakteristik fisik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Fisik dan Kadar Air Minyak Atsiri Kulit Jeruk pada Berbagai Perlakuan Bahan Baku

Perlakuan	Kode Ulangan	Indeks Bias	Berat Jenis (g/mL)	Warna	Kadar Air (%)	Nilai Rata – Rata Kadar Air
P1 – Kulit jeruk segar (kontrol)	P1U1	1,472	0,857	Kuning pucat	0,42	0,44 ± 0,02[a]
	P1U2	1,474	0,859	Kuning pucat	0,45	
	P1U3	1,473	0,858	Kuning pucat	0,44	
P2 – Kulit jeruk kering matahari	P2U1	1,476	0,852	Kuning jernih	0,18	0,17 ± 0,01[b]
	P2U2	1,477	0,850	Kuning jernih	0,16	
	P2U3	1,475	0,851	Kuning jernih	0,17	

Penentuan warna minyak atsiri dilakukan secara visual berdasarkan pengamatan langsung terhadap kejernihan dan intensitas warna di bawah pencahayaan putih standar. Kategori “kuning pucat” dan “kuning jernih” ditetapkan berdasarkan perbedaan tingkat transparansi dan intensitas warna, di mana minyak dengan tampilan lebih transparan dan warna kuning lebih cerah dikategorikan sebagai “kuning jernih”, sedangkan minyak dengan intensitas warna lebih rendah dan tampilan kurang transparan dikategorikan sebagai “kuning pucat”.

Hasil pengujian karakteristik fisik minyak atsiri kulit jeruk manis menunjukkan bahwa perlakuan pengeringan bahan baku memberikan pengaruh terhadap mutu fisik minyak yang dihasilkan. Minyak atsiri yang diperoleh dari kulit jeruk segar (P1) memiliki nilai indeks bias rata-rata sebesar 1,473 ± 0,001, sedangkan minyak dari kulit jeruk yang dikeringkan menggunakan sinar matahari (P2) menunjukkan nilai indeks bias yang sedikit lebih tinggi, yaitu 1,476 ± 0,001. Nilai indeks bias tersebut masih berada dalam kisaran karakteristik

minyak atsiri kulit jeruk manis yang dilaporkan dalam literatur, yaitu 1,470–1,478 (Annou et al., 2023). Peningkatan indeks bias pada perlakuan pengeringan mengindikasikan konsentrasi senyawa volatil non polar yang relatif lebih tinggi akibat berkurangnya fraksi air dan senyawa polar yang terikut selama proses destilasi (Farahmandfar et al., 2020).

Nilai berat jenis minyak atsiri dari kulit jeruk segar tercatat lebih tinggi (0,858 ± 0,001 g/mL) dibandingkan dengan minyak atsiri dari kulit jeruk kering (0,851 ± 0,001 g/mL). Rentang nilai ini sesuai dengan karakteristik minyak atsiri jeruk manis yang umumnya berada pada kisaran 0,84–0,86 g/Ml (Amanullah & Sukumar, 2025). Perbedaan berat jenis ini berkaitan erat dengan kandungan air dalam minyak, dimana minyak yang dihasilkan dari bahan segar cenderung mengandung air terdispersi lebih tinggi sehingga meningkatkan densitas minyak (Koshima et al., 2019).

Secara visual, minyak atsiri dari perlakuan kulit jeruk segar menunjukkan warna kuning pucat, sedangkan minyak atsiri dari kulit jeruk kering memiliki warna kuning yang lebih jernih. Perbedaan warna ini mencerminkan tingkat kejernihan minyak dan berkaitan dengan kandungan air serta kemungkinan terbentuknya emulsi selama proses destilasi. Minyak atsiri dengan kadar air rendah umumnya memiliki penampakan yang lebih jernih dan stabil, serta lebih disukai untuk aplikasi industri pangan dan kosmetik (Tsitlakidou et al., 2023).

Kadar air minyak atsiri pada perlakuan P1 berada pada kisaran 0,42–0,45% dengan rata-rata 0,44 ± 0,02%, sedangkan pada perlakuan P2 kadar air menurun secara signifikan menjadi 0,16–0,18% dengan rata-rata 0,17 ± 0,01%. Nilai kadar air minyak atsiri hasil perlakuan pengeringan tersebut telah memenuhi persyaratan mutu minyak atsiri komersial, yang umumnya mensyaratkan kadar air ≤ 0,2% (Fornari et al., 2023). Penurunan kadar air ini menegaskan peran pengeringan kulit jeruk dalam meningkatkan mutu fisik dan stabilitas minyak atsiri, serta menurunkan risiko degradasi oksidatif dan pertumbuhan mikroba selama penyimpanan (Vegasty et al., 2025).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengeringan kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) sebelum destilasi uap secara signifikan meningkatkan kinerja proses dan mutu minyak atsiri. Pengeringan meningkatkan rendemen dari 0,77% menjadi 1,37% (db), atau mengalami kenaikan sebesar ±77,9%. Selain itu, konsumsi energi destilasi menurun dari 3,54 kWh menjadi 2,64 kWh, yang berarti terjadi penghematan energi sekitar 25,4%. Efisiensi ekstraksi juga meningkat hampir 2,4 kali lipat berdasarkan rasio rendemen terhadap energi. Minyak atsiri dari bahan kering menunjukkan karakteristik fisik yang lebih baik, ditandai dengan indeks bias lebih tinggi, berat jenis lebih rendah, warna lebih jernih, serta kadar air lebih rendah (0,17%) dan memenuhi standar mutu komersial. Dengan demikian, pengeringan menggunakan sinar matahari merupakan praperlakuan yang efektif untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi energi proses destilasi minyak atsiri kulit jeruk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada petani jeruk di Kecamatan Semboro, Kabupaten Jember, atas penyediaan bahan baku penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada tim laboratorium dan institusi yang telah memberikan fasilitas serta dukungan teknis selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Semoga hasil penelitian ini memberikan manfaat bagi pengembangan pemanfaatan limbah kulit jeruk secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Amanullah, M. F., & Sukumar, M. (2025). *Physical Quality Parameter Analysis of Extracted Essential Oil: Color, Refractive Index, Viscosity, Specific Gravity and Density* (pp. 219–232). https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4634-2_13

Bechlin, T. R., Granella, S. J., Christ, D., Coelho, S. R. M., & Paz, C. H. de O. (2020). Effects of ozone application and hot-air drying on orange peel: moisture diffusion, oil yield, and antioxidant activity. *Food and Bioproducts Processing*, *123*, 80–89. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.06.012

Emole, P. O., Okoliocha, C. O., Ukaogo, P. O., & Nwaokoro, A.-P. C. (2024). Extraction and Characterization of Essential Oil in Citrus sinensis (Peels). *Conference Proceedings of the Maiden AbiaChem Conference (Chemical Society of Nigeria – Abia Chapter)*, 114–119.

Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nemati, A. (2020). Changes in chemical composition and biological activity of essential oil from Thomson navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) peel under freezing, convective, vacuum, and microwave drying methods. *Food Science & Nutrition*, *8*(1), 124–138. https://doi.org/10.1002/fsn3.1279

Ferhat, M. A., Boukhatem, M. N., Hazzit, M., & Chemat, F. (2018). Rapid extraction of volatile compounds from Citrus fruits using a microwave dry distillation. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *8*(3), 753. https://doi.org/10.4314/jfas.v8i3.6

Figueira, O., Pereira, V., & Castilho, P. C. (2023). A Two-Step Approach to Orange Peel Waste Valorization: Consecutive Extraction of Pectin and Hesperidin. *Foods*, *12*(20), 3834. https://doi.org/10.3390/foods12203834

Fornari, T., Vázquez, L., Villanueva-Bermejo, D., Hurtado-Ribeira, R., Martín Hernández, D., & Martin, D. (2023). Effect of Moisture and Oil Content in the Supercritical CO2 Defatting of Hermetia illucens Larvae. *Foods*, *12*(3), 490. https://doi.org/10.3390/foods12030490

Golmohammadi, M., Borghei, A., Zenouzi, A., Ashrafi, N., & Taherzadeh, M. J. (2018). Optimization of essential oil extraction from orange peels using steam explosion. *Heliyon*, *4*(11), e00893. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00893

Ikarini, I., Waziiroh, E., Putri, W. D. R., Winarti, C., & Yuwono, S. S. (2025). Ohmic-assisted hydrodistillation as an effective approach for high-yield citrus essential oil extraction. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, *217*, 110520. https://doi.org/10.1016/j.cep.2025.110520

Karne, H., Kelkar, V., Mundhe, A., Ikar, M., Betawar, S., & Chaudhari, N. (2023). Essential Oil Extraction from Orange and Lemon Peel. *E3S Web of Conferences*, *455*, 01005. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345501005

Kaveh, M., Zomorodi, S., Ghaysari, B., El-Mesery, H. S., Sharifian, F., ElMesiry, A. H., & Salem, A. (2025). Impact of various drying technologies for evaluation of drying kinetics, energy consumption, physical and bioactive properties of Rose flower. *Scientific Reports*, *15*(1), 9245. https://doi.org/10.1038/s41598-025-94300-x

Koshima, C. C., Gonçalves, D., Nakamoto, K. T., Umeda, T. K., Gonçalves, C. B., & C. Rodrigues, C. E. (2019). Physical Properties of Model and Real Systems Composed of Essential Oils and Hydroalcoholic Solvents at 298.2 K and Atmospheric Pressure. *Journal of Chemical & Engineering Data*, *64*(5), 1873–1884. https://doi.org/10.1021/acs.jced.8b00939

Manyako, K. E., Chiyanzu, I., Mulopo, J., & Abdulsalam, J. (2022). Pilot-Scale Evaluation of Concentrating Solar Thermal Technology for Essential Oil Extraction and Comparison with Conventional Heating Sources for Use in Agro-Based Industrial Applications. *ACS Omega*, *7*(24), 20477–20485. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06879

Nayana, P., & Wani, K. M. (2024). Unlocking the green potential: sustainable extraction of bioactives from orange peel waste for environmental and health benefits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(10), 8145–8162. https://doi.org/10.1007/s11694-024-02779-1

Quyen, N. T. C., Ngan, T. T. K., Dao, T. P., Quynh Anh, P. N., Anh, N. Q., Nguyen Thi, N.-T., Ngoc, T. T. Le, Nhan, L. T. H., Truc, T. T., & Phuong, L. T. B. (2019). Essential Oil Hydrodistillation Process from Vietnamese Calamondin (Citrus microcarpa) Peels and GC/MS Analysis of Essential Oils Components. *Asian Journal of Chemistry*, *31*(11), 2585–2588. https://doi.org/10.14233/ajchem.2019.22148

Sari, J. A., Wusnah, W., & Azhari, A. (2021). PENGARUH SUHU DAN WAKTU TERHADAP PROSES PENYULINGAN MINYAK SEREH WANGI (Cimbopogon nardus l.). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, *1*(1), 22–28. https://doi.org/10.29103/cejs.v1i1.1493

Sandhu, H. K., Sinha, P., Emanuel, N., Kumar, N., Sami, R., Khojah, E., & Al-Mushhin, A. A. (2021). Effect of ultrasound-assisted pretreatment on extraction efficiency of essential oil and bioactive compounds from citrus waste by-products. *Separations*, *8*(12), 244.

Suardhika, I. M., Pratama, I. P. A. A., Budiartha, P. B. P. P., Partayanti, L. P. I., & Paramita, N. L. P. V. (2018). Perbandingan Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (Citrus sinensis) dengan Destilasi Uap dan Identifikasi Linalool dengan KLT-Spektrofotodensitometri. *Jurnal Farmasi Udayana*, *7*(2), 38–43.

Sukardi, Setyawan, H. Y., Pulungan, M. H., & Ariy, I. T. (2021). Ekstraksi minyak atsiri rimpang lengkuas merah (Alpinia purpurata, K.Schum.) metode destilasi uap dan air. *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, *13*(1), 19–28. https://doi.org/10.35891/tp.v13i1.2741

Tamimi, A., Mufarida, N. A., & Bahri, M. H. (2025). Produksi Bioetanol dari Limbah Kulit Jeruk Siam dengan Variasi Konsentrasi Pretreatment Alkali dan Lama Fermentasi Anaerob di Kabupaten Jember. *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)*, *5*(3), 2291–2300.

Teigiserova, D. A., Tiruta-Barna, L., Ahmadi, A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2021). A step closer to circular bioeconomy for citrus peel waste: A review of yields and technologies for sustainable management of essential oils. *Journal of Environmental Management*, *280*, 111832. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111832

Thakur, S., Bhardwaj, R., & Dutt, B. (2025). Effect of Drying Methods on Essential Oil Content of Acorus calamus Collections from Himachal Pradesh. *International Journal of Economic Plants*, *12*(May, 3), 01–05. https://doi.org/10.23910/2/2025.5388

Tsitlakidou, P., Tasopoulos, N., Chatzopoulou, P., & Mourtzinos, I. (2023). Current status, technology, regulation and future perspectives of essential oils usage in the food and drink industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *103*(14), 6727–6751. https://doi.org/10.1002/jsfa.12695

Tundis, R., Xiao, J., Silva, A. S., Carreiró, F., & Loizzo, M. R. (2023). Health-Promoting Properties and Potential Application in the Food Industry of Citrus medica L. and Citrus × clementina Hort. Ex Tan. Essential Oils and Their Main Constituents. *Plants*, *12*(5), 991. https://doi.org/10.3390/plants12050991

Vegasty, S., Kusumaningsih, T., Firdaus, M., & Istiqomah, A. (2025). Karakterisasi, Aplikasi, dan Bioaktivitas Edible Film Kitosan dengan Bahan Aktif Minyak Atsiri. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, *21*(1), 1. https://doi.org/10.20961/alchemy.21.1.86140.1-16

Yuniati, Y., Variyana, Y., Qadariyah, L., & Mahfud, M. (2024). *The effect of moisture content on essential oil extraction of sweet orange peel (Citrus Aurantium L.) using steam distillation method*. 020031. https://doi.org/10.1063/5.0206437