

Potensi Pemanfaatan Kulit Jeruk Lemon Afkir (*Citrus limon* (L.) var. *Eureka*) sebagai Bahan Pembuatan Minyak Asiri

Potential of Unutilized Lemon Peels (*Citrus limon* L. var. *Eureka*) for Essential Oils Production

Andri Permana^{1*}, Sarifah Nurjanah¹, S. Rosalinda¹, Farah Nuranjani¹

¹ Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia.

Email*): andri19001@mail.unpad.ac.id

Received:
29 June 2023

Revised:
10 August 2023

Accepted:
10 September 2023

Published:
27 September 2023

DOI:
10.29303/jrpb.v11i1.548

ISSN 2301-8119
e-ISSN 2443-1354

Tersedia online di
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: Unutilized (off-grade) lemon with slight damage have been utilized for lemon juice, even most of that just become waste. In fact, lemon by-product also have many essential compounds. This research aimed to determine the potential and optimal conditions of unutilized lemon peels using distillation process. The research used experimental methods with a factorial complete randomized design. This research used 3 factors including the conditions of material, distillation methods, and time of distillation. Essential oils parameters observed included oil yield, volatile compounds, and physico-chemical characteristics. Based on the results of research, unutilized lemon produced a concentration of limonene compounds of 63,8–67,7%. Optimal treatment was found in the fresh material, using steam and hydro distillation for 6 hours that produced an oil yield of 0.25%, a specific gravity of 0.856 g/ml, an acid value of 2.749 mg KOH/g, and an odour close to fresh lemon peel.

Keywords: *distillation; essential oils; off-grade lemon*

Abstrak: Jeruk lemon afkir dengan kerusakan ringan sejauh ini hanya dimanfaatkan untuk sari buah lemon, bahkan sebagian besar buahnya dibiarkan menjadi limbah. Padahal pada limbah jeruk lemon sekalipun masih terdapat kandungan esensial yang sangat berlimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan kondisi optimal pada proses penyulingan kulit jeruk lemon afkir. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap faktorial. Penelitian ini menggunakan 3 faktor, yaitu kondisi bahan, metode penyulingan, dan waktu penyulingan. Parameter minyak asiri yang diamati di antaranya adalah rendemen minyak asiri, komponen senyawa volatil, dan karakteristik fisiko-kimia. Berdasarkan hasil penelitian, kulit jeruk lemon afkir menghasilkan rerata kandungan *limonene* sebesar 63,8–67,7%. Perlakuan optimal terdapat pada kondisi bahan segar, menggunakan metode penyulingan uap dan air selama 6 jam, dengan rerata rendemen yang dihasilkan sebesar 0,25%, bobot jenis 0,856 g/ml, bilangan asam 2,749 mg KOH/g, serta menghasilkan karakteristik aroma paling mendekati kulit lemon segar.

Kata kunci: lemon afkir; minyak asiri; penyulingan

PENDAHULUAN

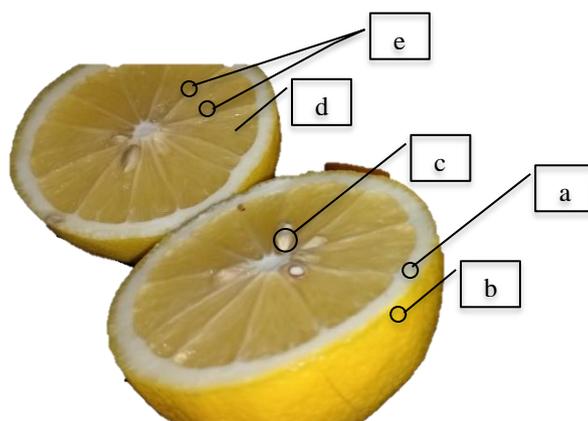
Latar Belakang

Jeruk lemon California (*Citrus limon* (L.) var. *Eureka*) merupakan salah satu varietas jeruk lemon yang dibudidayakan di Indonesia. Pada tahun 2021, produksi jeruk lemon di Jawa Barat mencapai 8.824,8 ton, dengan jumlah produksi tertinggi berada di wilayah Kabupaten Bandung Barat (Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2022). Faktor penyebab tingginya produksi jeruk lemon adalah permintaan pasar yang tinggi, sebagai salah satu buah

yang digunakan dalam industri minuman, bumbu masakan, es krim, dan makanan penutup lainnya (Magalhães *et al.*, 2023).

Buah afkir (*off-grade*) merujuk pada kualitas buah yang tidak diterima di pasaran atau berada di bawah standar pasar (*below standard*). Hal tersebut dipengaruhi oleh kesalahan aktivitas pertanian, baik pada tahap pra-panen maupun pasca-panen. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hanif & Ashari (2021), tingkat *food losses and food waste* pada buah jeruk mencapai lebih dari 34%. Persentase tersebut didominasi pada tahapan pra-panen hingga panen sebesar 13%. Tanaman jeruk yang terkena hama dan penyakit dapat menyebabkan kerusakan pada buah, seperti ukuran buah yang kecil serta terdapat lubang pada kulit luarnya. Buah afkir dengan kategori kerusakan tersebut (kerusakan ringan) masih dapat dikonsumsi dalam bentuk sari buah lemon, tetapi sebagian besarnya dibiarkan membusuk dan menjadi limbah. Padahal pada limbah jeruk lemon sekalipun masih terdapat kandungan senyawa esensial yang sangat berlimpah.

Berdasarkan penelitian Wang *et al.* (2022), kandungan senyawa volatil pada limbah jeruk lemon California masih cukup banyak. Komponen senyawa volatil tersebut didominasi oleh senyawa *limonene* (19,7 mg/g), *citral* (11,3 mg/g), dan β -*pinene* (3,6 mg/g). Kandungan volatil pada limbah jeruk lemon terdapat pada seluruh bagian buah lemon, yaitu *flavedo* (epidermis), *albedo* (mesodermis), dinding segmen, dan bulir/*pulp*. Struktur buah lemon ditunjukkan pada Gambar 1.



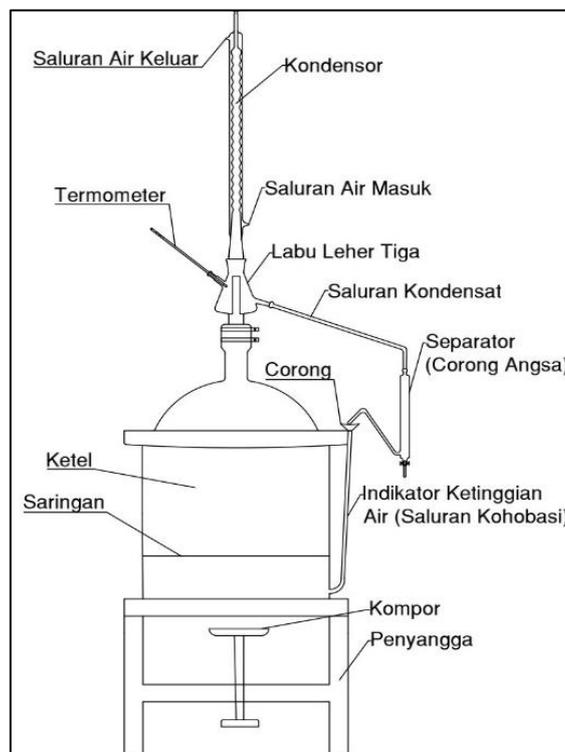
Gambar 1. Struktur Buah Lemon: (a) *albedo*; (b) *flavedo*; (c) biji; (d) bulir/*pulp*; (e) dinding segmen

Proses isolasi senyawa volatil pada lemon dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode *emerging*. Metode konvensional yang sering digunakan ialah distilasi, ekstraksi dengan pelarut, dan *cold pressing*, sedangkan pada metode *emerging* digunakan *microwave accelerated distillation* (MAD), *ultrasound-assisted extraction* (UAE), dan *supercritical fluid extraction* (SFE). Menurut penelitian yang dilakukan Ferhat *et al.* (2007), rendemen yang dihasilkan pada isolasi minyak asiri kulit lemon dengan metode hidrodistilasi, MAE, dan *cold pressing* secara berurutan adalah 0,21%, 0,24%, dan 0,05%. Besar kandungan *limonene* pada ketiga metode tersebut adalah 72,9%, 69,65%, dan 75,68%. Hasil yang ditunjukkan menjelaskan bahwa pemilihan metode isolasi mempengaruhi kuantitas dan kualitas minyak asiri lemon yang dihasilkan.

Distilasi atau penyulingan merupakan metode isolasi minyak asiri berdasarkan tingkat volatilitas senyawa pada bahan. Berdasarkan prinsip kerjanya, penyulingan dibedakan menjadi tiga metode, yaitu penyulingan uap (*steam distillation*), penyulingan air (*hydro distillation*), serta penyulingan uap dan air (*steam and hydro distillation*). Proses penyulingan air memungkinkan penetrasi pelarut (air) lebih banyak ke dalam bahan. Hal tersebut dikarenakan seluruh bahan terendam oleh air, sehingga kontak antara air dan bahan lebih

luas. Meskipun demikian, penyulingan air terkadang menghasilkan rendemen dan kualitas minyak asiri yang rendah. Interaksi air dan bahan secara langsung dapat menyebabkan kerusakan, seperti terjadinya hidrolisis ester dan dihasilkannya minyak asiri yang bercampur dengan hasil sampingan (Cahyati *et al.*, 2016).

Penyulingan uap dan air merupakan modifikasi dari penyulingan air dengan menambahkan komponen saringan pada alat, sehingga memisahkan antara bahan dengan pelarut. Penambahan komponen tersebut dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada minyak asiri, karena interaksi antara pelarut dan bahan terjadi secara tidak langsung. Pada penyulingan uap dan air, uap yang bersentuhan dengan bahan selalu dalam keadaan basah dan tidak terlalu panas, sehingga dapat menghasilkan rendemen dan kualitas minyak asiri yang lebih baik (Guenther, 1987). Desain alat suling metode uap dan air ditunjukkan pada Gambar 2. Selain metode penyulingan, faktor yang mempengaruhi rendemen dan kualitas minyak asiri adalah karakteristik bahan (ukuran dan kadar air), lama waktu penyulingan, suhu penyulingan, rasio bahan dan pelarut, serta pemberian perlakuan pendahuluan (Tutuarima *et al.*, 2020).



Gambar 2. Desain Alat Suling Metode Uap dan Air

Berdasarkan potensi yang terdapat pada buah lemon afkir yang sejauh ini belum dimanfaatkan secara maksimal, maka dapat dilakukan proses isolasi minyak asiri pada kulit jeruk lemon afkir. Kulit jeruk lemon yang terdiri dari *flavedo* dan *albedo* dikondisikan dalam keadaan segar dan kering angin selama 3 hari sebagai perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*). Metode isolasi yang digunakan meliputi dua metode konvensional, yaitu penyulingan air serta penyulingan uap dan air. Perlakuan tersebut digunakan untuk menguji kondisi proses yang paling optimal terhadap rendemen dan kualitas pada minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan. Selain itu, digunakan variasi waktu penyulingan untuk mengetahui senyawa penyusun minyak asiri kulit lemon setiap interval waktunya.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi kulit jeruk lemon afkir dan kondisi proses yang optimal berdasarkan kondisi bahan, metode penyulingan, dan waktu penyulingan untuk menghasilkan rendemen dan kualitas minyak asiri kulit lemon yang sesuai dengan standar mutu ISO 855: 2003 tentang minyak lemon, serta memenuhi standar keamanan pangan *European Food Safety Authority* (EFSA): 2021.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat suling metode air beserta saringannya (kapasitas 50 l), gelas ukur 10 ml dan 20 ml, termometer, dan timbangan analitik (ketelitian 0,001 g). Adapun alat pengujian yang digunakan di antaranya piknometer 1 ml untuk pengukuran bobot jenis, buret 25 ml untuk perhitungan bilangan asam, *water chiller* sebagai pengkondisian suhu minyak asiri, dan *gas chromatography – mass spectrometry* (GC-MS) untuk mengidentifikasi senyawa volatil minyak asiri kulit lemon.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah lemon afkir yang berasal dari Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Adapun bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini di antaranya kalium hidroksida (KOH) 0,1 N, etanol 96%, fenoltalein (pp) untuk pengujian bilangan asam, air sebagai pelarut, dan aquades untuk pengujian bobot jenis.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap faktorial. Faktor yang digunakan meliputi kondisi bahan (segar dan kering angin 3 hari), metode penyulingan (penyulingan air serta penyulingan uap dan air), dan waktu penyulingan (2, 4, dan 6 jam). Masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan. Analisis deskriptif dilakukan terhadap senyawa volatil yang terkandung pada minyak asiri yang dihasilkan menggunakan GC-MS. Selain itu, dilakukan analisis karakteristik fisiko-kimia, meliputi bobot jenis, bilangan asam, dan aroma pada minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan.

Isolasi Minyak Asiri Kulit Lemon

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit lemon afkir yang terdiri dari bagian *flavedo* dan *albedo*. Buah lemon afkir pertama-tama dipotong menjadi dua bagian, kemudian diambil jusnya, serta dipisahkan antara kulit dan bagian lainnya (biji, dinding segmen, dan sisa bulir). Sebelum isolasi minyak asiri dilakukan, bahan dikondisikan dalam keadaan segar (kadar air \pm 80%) dan kering angin selama 3 hari (kadar air \pm 70%). Proses isolasi minyak asiri dilakukan dengan dua metode, yaitu penyulingan air serta penyulingan uap dan air. Kondisi suhu ditetapkan 100°C untuk kedua metode penyulingan yang digunakan merujuk pada hasil optimum penyulingan minyak asiri kulit jeruk Pontianak yang dilakukan oleh Hidayati (2012). Rasio bahan dan pelarut pada penyulingan air yang digunakan adalah 1:3 (b/v) (Tran *et al.*, 2021), sedangkan pada penyulingan uap dan air adalah 1:2,5 (b/v) (Cahyati *et al.*, 2016). Minyak asiri yang telah dipisahkan dari hidrosol kemudian dilakukan perhitungan rendemen serta analisis varian (ANOVA).

Analisis Rendemen Minyak Asiri Kulit Lemon

Rendemen digunakan sebagai data respon terhadap analisis varian (ANOVA). Analisis varian dilakukan untuk menggambarkan interaksi antara faktor-faktor yang digunakan pada penelitian terhadap rendemen minyak asiri yang dihasilkan. Faktor dikatakan berpengaruh signifikan terhadap respon yang diamati apabila dihasilkan variasi dengan nilai $F_h > F_{05}$

(Rahmawati & Erina, 2020). Rendemen minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Rendemen Minyak Asiri (\%)} = \frac{v_m}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

v_m = volume minyak asiri kulit lemon (ml)

m_k = berat kulit lemon (g)

Analisis Senyawa Volatil Minyak Asiri Kulit Lemon

Analisis senyawa-senyawa volatil minyak asiri menggunakan GC-MS dilakukan terhadap hasil minyak asiri kulit lemon pada kondisi bahan dan waktu penyulingan yang berbeda. Minyak asiri dengan waktu penyulingan air selama 6 jam dipisahkan setiap 2 jam untuk mengetahui senyawa-senyawa penyusun pada interval waktu tersebut. Senyawa-senyawa volatil pada minyak asiri dipisahkan dalam kolom kromatografi. Prinsip pemisahan senyawa tersebut berdasarkan nilai kelarutan masing-masing pelarut yang bergerak, dan perbedaan masing-masing senyawa pada fasa diam. Hasil pemisahan kemudian dianalisis menggunakan spektrometri massa dan dibandingkan terhadap *database library* pada alat yang digunakan.

Analisis Karakteristik Fisiko-Kimia Minyak Asiri Kulit Lemon

Analisis deskriptif dilakukan dalam pengujian karakteristik fisiko-kimia minyak asiri kulit lemon pada waktu penyulingan yang sama. Parameter yang diukur meliputi bobot jenis, bilangan asam, dan karakteristik aroma. Prosedur analisis yang dilakukan mengacu pada ISO 279: 1998 tentang bobot jenis, dan ISO 1242: 2023 tentang bilangan asam. Selain itu, aroma dianalisis melalui uji pembedaan oleh panelis cukup terlatih menggunakan metode *difference from control test* (DFC-Test). Kontrol pada pengujian ini ialah aroma dari kulit lemon segar. Pengujian dilakukan dengan skala penilaian 1–5 (1: tidak ada perbedaan, 2: perbedaan sangat sedikit, 3: perbedaan cukup jauh, 4: perbedaan jauh, dan 5: perbedaan sangat jauh).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Minyak Asiri Kulit Lemon

Rendemen yang diperoleh pada setiap perlakuan menunjukkan nilai yang bervariasi. Rendemen minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan berada di kisaran 0,07–0,38%. Rerata rendemen untuk setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1. Rendemen yang dihasilkan pada beberapa perlakuan telah melampaui rendemen hasil penelitian yang dilakukan oleh Ferhat *et al.* (2007), minyak asiri kulit lemon California (dari dataran China) dalam kondisi segar menggunakan metode penyulingan air menghasilkan rendemen sebesar 0,21%.

Tabel 1. Rendemen Minyak Asiri Kulit Lemon

Perlakuan (Kondisi Bahan-Metode Penyulingan)	Rendemen (%)		
	2 jam	4 jam	6 jam
Segar-Air	0,09	0,12	0,16
Segar-Uap dan Air	0,18	0,21	0,25
Kering Angin-Air	0,17	0,22	0,26
Kering Angin-Uap dan Air	0,22	0,27	0,31

Berdasarkan analisis varian (ANOVA), sebaran data menunjukkan nilai yang signifikan untuk seluruh faktor yang digunakan pada penelitian. Analisis pengaruh sederhana (interaksi) antara ketiga faktor yang digunakan menunjukkan hasil yang tidak signifikan ($F_h < F_{05}$), sehingga tidak dapat dilakukan uji lanjutan terkait interaksi antara faktor-faktor yang

digunakan pada penelitian. Semakin besar selisih antara F_h dengan F_{05} , maka semakin kuat pengaruh faktor tersebut terhadap respon yang diamati (Rahmawati & Erina, 2020). Data hasil analisis varian berdasarkan rendemen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Varian (ANOVA)

Sumber Ragam		DB	JK	KT	F_h	F_{05}
Perlakuan		11	0,130	0,011778056	3,43148	2,216309
Kondisi Bahan	A	1	0,04419237	0,044192373	12,8752	4,259677
Metode Penyulingan	B	1	0,04478588	0,04478588	13,0482	4,259677
Waktu Penyulingan	C	2	0,03710387	0,018551934	5,40502	3,402826
Interaksi	AB	1	0,00249003	0,002490034	0,72546	4,259677
	AC	2	0,00093773	0,000468864	0,1366	3,402826
	BC	2	0,000008280	0,000004140	0,00121	3,402826
	ABC	2	0,000040456	0,000020228	0,00589	3,402826
Galat		24	0,082	0,003432355		
Total		35	0,212			

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi bahan kering angin 3 hari menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi segar. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Tutuarima *et al.* (2020), perlakuan pendahuluan menggunakan kering angin pada suhu ruang terhadap limbah kulit jeruk kalamansi dapat meningkatkan rendemen minyak asiri yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan oleh rusaknya lapisan luar yang menutupi kelenjar minyak akibat proses fermentasi, sehingga memudahkan keluarnya minyak asiri pada saat proses penyulingan. Selain itu, kadar air pada bahan mempengaruhi rendemen minyak asiri yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian Muhtadin *et al.* (2013), rendemen minyak asiri kulit jeruk manis dengan perlakuan pengeringan 12 jam (KA 43–66%) menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi bahan segar (KA > 66%) yaitu 1% dan 0,6%. Pengeringan dapat menyebabkan pori-pori bahan terbuka akibat proses penguapan air, sehingga memudahkan proses penguapan minyak asiri pada bahan.

Pada penelitian ini, metode penyulingan uap dan air menghasilkan rendemen minyak asiri yang lebih tinggi dibandingkan penyulingan air pada suhu penyulingan 100°C untuk setiap kondisi bahan yang sama. Merujuk pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Lubis *et al.* (2004) dan Ferhat *et al.* (2007), minyak asiri kulit lemon segar dengan penyulingan uap dan air menghasilkan rendemen minyak asiri yang lebih tinggi dibandingkan dengan penyulingan air pada waktu penyulingan yang sama, yaitu 0,30% dan 0,21%. Hal tersebut dikarenakan pelepasan minyak pada penyulingan air dipengaruhi oleh adanya interaksi bahan dengan air secara langsung, sehingga penguapan minyak asiri akan terjadi ketika air ikut menguap (Guenther, 1987). Pada proses penyulingan uap dan air, bahan berinteraksi dengan uap air secara langsung yang dapat merusak dinding sel pada kulit jeruk, sehingga penguapan minyak asiri terjadi bersamaan dengan menguapnya uap air (Suardhika *et al.*, 2018). Selain itu, kondisi uap pada penyulingan uap dan air selalu dalam kondisi jenuh dan tidak terlalu panas, sehingga dapat mengurangi potensi kerusakan senyawa-senyawa minyak asiri dan menghasilkan minyak asiri dalam jumlah yang optimum (Guenther, 1987).

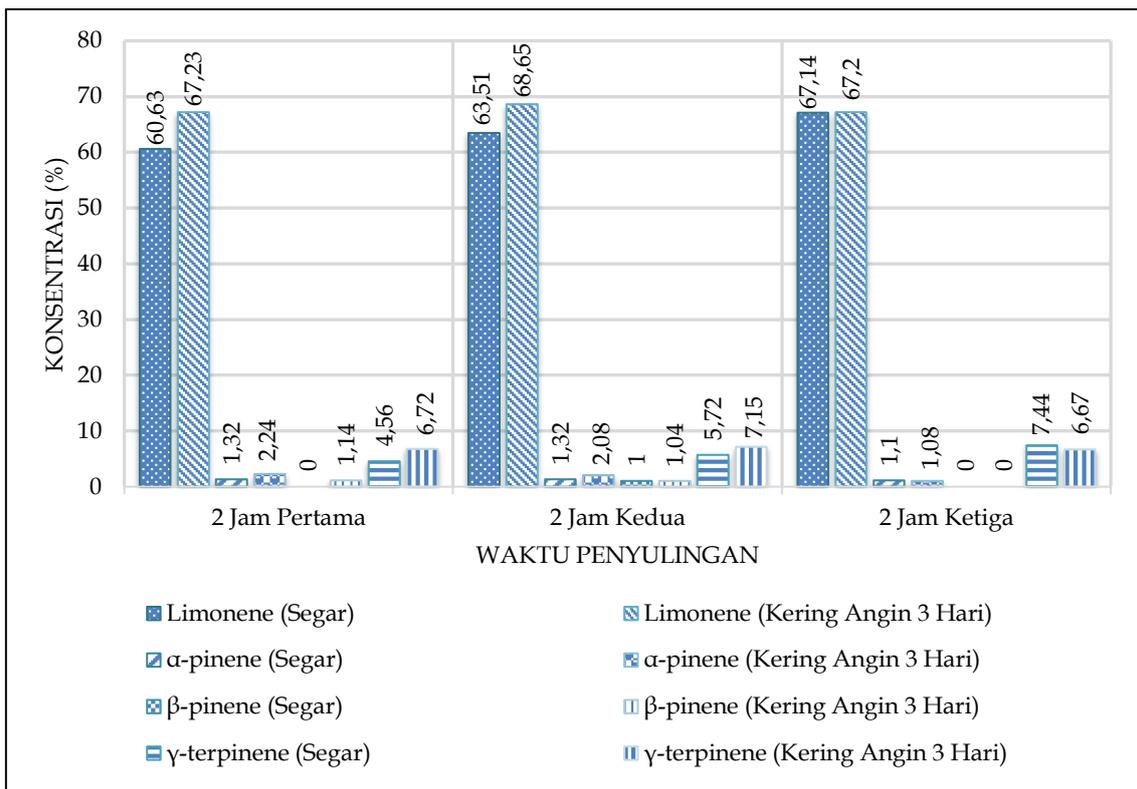
Rendemen minyak asiri kulit lemon tertinggi pada penelitian ini terdapat pada faktor waktu penyulingan selama 6 jam. Hal tersebut dipengaruhi oleh waktu kontak antara bahan

dengan pelarut yang berlangsung lebih lama sehingga minyak asiri yang dihasilkan semakin banyak (Damayanti *et al.*, 2020). Dengan demikian, rendemen tertinggi terdapat pada kondisi kulit lemon kering angin 3 hari, menggunakan metode penyulingan uap dan air selama 6 jam yang menghasilkan rerata rendemen sebesar 0,31%.

Senyawa Penyusun Minyak Asiri Kulit Lemon

Analisis dilakukan terhadap beberapa senyawa volatil yang dijadikan acuan pada standar internasional minyak asiri lemon, yaitu *limonene*, *α-pinene*, *β-pinene*, dan *γ-terpinene* (Bampidis *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, besar kandungan *limonene* pada minyak asiri dari kulit lemon dalam kondisi kering angin 3 hari telah memenuhi standar internasional, dengan kandungan *limonene* > 63%. Kandungan senyawa *limonene* tertinggi terdapat pada kondisi bahan kering angin 3 hari dengan rerata konsentrasi mencapai 67,7%.

Berdasarkan hasil analisis, konsentrasi senyawa *α-pinene* mengalami penurunan seiring berjalannya waktu penyulingan. Konsentrasi tertinggi terdapat pada saat 2 jam pertama untuk masing-masing bahan, sebesar 1,32% (segar) dan 2,24% (kering angin 3 hari). Senyawa *β-pinene* hanya ditemukan saat 2 jam pertama dan kedua pada bahan kering angin 3 hari dengan konsentrasi 1,04% dan 1,14%, sedangkan pada bahan segar terdapat pada saat 2 jam kedua dengan konsentrasi 1%. Senyawa *γ-terpinene* pada kondisi bahan segar mengalami peningkatan yang signifikan tiap interval waktunya (4,56%; 5,72%; dan 7,44%), sedangkan pada kondisi bahan kering angin 3 hari terjadi penurunan pada 2 jam ketiga (6,72%; 7,15%; dan 6,67%). Grafik hasil analisis senyawa-senyawa tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Senyawa Utama Penyusun Minyak Asiri Kulit Lemon pada Penyulingan Air

Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh *International Standard Organization* (ISO) dan *European Food Safety Authority* (EFSA), konsentrasi senyawa penyusun minyak asiri lemon yang berasal dari kulit jeruk lemon afkir telah mendekati nilai konsentrasi pada kedua standar tersebut. Perbandingan senyawa-senyawa utama penyusun minyak lemon disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Senyawa Minyak Lemon

Senyawa	Konsentrasi (%)		
	ISO 855: 2003	EFSA: 2021	Hasil Analisis
<i>Limonene</i>	63-70	37,63-69,71	60,63-68,85
<i>α-pinene</i>	1,5-2,5	1,14-5,9	1,08-2,24
<i>β-pinene</i>	9,0-14,0	0,63-31,49	1
<i>γ-terpinene</i>	8,3-9,5	0,04-9,96	4,56-7,44

Sumber: (Bampidis *et al.*, 2021; International Standardization Organization, 2003)

Merujuk pada hasil penelitian Wang *et al.* (2022), konsentrasi senyawa *limonene* yang terkandung pada kulit jeruk lemon afkir menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan limbah kulit jeruk lemon (60,63–68,65% > 32,41%). Perbedaan nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bahan baku yang digunakan, kondisi bahan, dan metode penyulingan yang digunakan.

Penelitian ini menggunakan bahan baku kulit lemon yang terdiri dari *flavedo* dan *albedo*. Bagian *albedo* masih mengandung komponen *limonene* yang cukup tinggi, sehingga dapat meningkatkan konsentrasi *limonene* pada minyak asiri yang dihasilkan (Barqy, 2021). Selain itu, kondisi bahan kering angin 3 hari menghasilkan nilai *limonene* yang lebih tinggi dibandingkan kondisi bahan segar. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Tutuarima *et al.* (2020), pemberian perlakuan pendahuluan seperti pengecilan ukuran, pengeringan, dan fermentasi dapat meningkatkan mutu minyak asiri jeruk yang dihasilkan. Pada penyulingan kulit lemon dengan suhu dan waktu yang sama, metode uap dan air menghasilkan senyawa *limonene* yang lebih tinggi dibandingkan metode air yaitu 61,38% dan 32,41% (Lubis *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2022). Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya interaksi antara air dan bahan secara langsung pada penyulingan air yang menyebabkan kerusakan senyawa yang bersifat termolabil, seperti *limonene*. Merujuk penelitian Hidayati (2012), penyulingan dengan suhu 110°C menghasilkan *limonene* yang lebih rendah dibandingkan 100°C (96,60% dan 97,69%).

Berdasarkan hasil penelitian, pemilihan *flavedo* dan *albedo* sebagai bahan baku, pemberian perlakuan pendahuluan berupa pengeringan angin selama 3 hari, serta pemilihan penyulingan uap dan air dapat meningkatkan konsentrasi senyawa *limonene* pada minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan.

Karakteristik Fisiko-Kimia Minyak Asiri Kulit Lemon

Analisis karakteristik fisiko-kimia dilakukan terhadap minyak asiri kulit lemon pada waktu penyulingan 6 jam. Hal tersebut dikarenakan rendemen tertinggi terdapat pada waktu penyulingan tersebut, dan diduga senyawa penyusun minyak asiri kulit lemon pada waktu penyulingan 6 jam lebih lengkap dibandingkan waktu penyulingan 2 jam maupun 4 jam. Hasil analisis karakteristik fisiko-kimia minyak asiri kulit lemon disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Fisiko-Kimia Minyak Asiri Kulit Lemon

Perlakuan (Kondisi Bahan-Metode Penyulingan)	Bobot Jenis (g/ml) (20°C)			Bilangan Asam (mg KOH/g)	
	Hasil Analisis	ISO 855: 2003	EFSA: 2021	Hasil Analisis	ISO 855: 2003
Segar-Air	0,780			5,511	
Segar-Uap dan Air	0,856	0,851 –	0,843 –	2,749	Maks. 2
Kering Angin 3 Hari-Air	0,824	0,857	0,860	5,519	
Kering Angin 3 Hari-Uap dan Air	0,840			2,746	

Sumber: (Bampidis *et al.*, 2021; International Standardization Organization, 2003)

a. Bobot Jenis

Bobot jenis merupakan interpretasi dari perbandingan antara massa minyak asiri kulit lemon terhadap massa air pada kondisi suhu dan volume yang sama. Pada standar mutu internasional dan standar keamanan pangan (ISO 855: 2003 dan EFSA: 2021), pengukuran ditetapkan pada suhu 20°C. Menurut Guenther (1987), bobot jenis minyak asiri dipengaruhi oleh bobot fraksi senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya. Pada penelitian ini, bobot jenis tertinggi terdapat pada kondisi bahan segar menggunakan metode penyulingan uap dan air, yaitu 0,856 g/ml. Besar nilai tersebut dipengaruhi oleh senyawa yang hanya ada pada perlakuan tersebut, seperti 1,8 cineol dan (+-)-linalool dengan bobot fraksi 154,25 g/mol (National Center for Biotechnology Information, 2023a). Berdasarkan analisis GC-MS, besar kandungan (+-)-linalool pada penelitian ini adalah 2,01 – 4,62%. Konsentrasi tersebut lebih besar dibandingkan hasil pengujian yang telah dilakukan Ferhat *et al.* (2007), besar konsentrasi (+-)-linalool adalah 0,19 – 0,30%, dengan nilai bobot jenis minyak asiri yang dihasilkan sebesar 0,834 – 0,849 g/ml.

Komponen fraksi-fraksi berat lainnya yang terdeteksi pada hasil penelitian ini di antaranya 2-(4-methyl-3-Cyclohexen-1-YL)-2-Propanol dan Phenol, 5-Methyl-2-(1-methylethyl) dengan bobot molekul secara berurutan sebesar 154,25 g/mol dan 179,22 g/mol (National Center for Biotechnology Information, 2023b). Dengan demikian, nilai bobot jenis pada kondisi bahan segar lebih tinggi dibandingkan bahan kering angin 3 hari. Pada kondisi bahan segar, komponen senyawa penyusun minyak asiri didominasi oleh senyawa dengan fraksi berat, sehingga meningkatkan nilai bobot jenis. Meskipun demikian, kondisi bahan kering angin 3 hari menghasilkan minyak asiri dengan bobot jenis yang mendekati standar, yaitu 0,840 g/ml. Nilai tersebut menunjukkan kandungan terbesar pada minyak asiri pada kondisi bahan kering angin 3 hari adalah senyawa *limonene* yang memiliki nilai bobot jenis 0,8402 g/ml (National Center for Biotechnology Information, 2023c). Selain faktor kondisi bahan, bobot jenis dipengaruhi oleh metode penyulingan yang digunakan. Pada kondisi bahan yang sama, metode penyulingan dengan uap dan air menghasilkan bobot jenis yang lebih tinggi dibandingkan metode penyulingan air. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Cahyati *et al.* (2016), metode penyulingan uap dan air dapat menjaga kualitas minyak asiri dengan mencegah terjadinya hidrolisis ester yang dapat merusak senyawa pada minyak asiri.

b. Bilangan Asam

Pada penelitian ini, analisis bilangan asam dilakukan pada minyak asiri dengan waktu penyulingan yang sama. Bilangan asam mengindikasikan kualitas metode proses yang digunakan pada isolasi minyak asiri, karena parameter ujinya berupa jumlah asam bebas yang terdapat pada minyak asiri. Pada proses penyulingan, termal yang digunakan relatif tinggi sehingga memungkinkan terbentuknya senyawa asam bebas selama proses. Semakin rendah bilangan asam pada minyak asiri, maka kualitas proses yang digunakan pada isolasi minyak asiri semakin baik (Damayanti *et al.*, 2020).

Berdasarkan pengujian, besar bilangan asam yang paling mendekati standar ISO 855: 2003 adalah minyak asiri yang berasal dari bahan kering angin 3 hari dan bahan segar menggunakan metode penyulingan uap dan air. Nilai masing-masing bilangan asam tersebut yaitu 2,746 mg KOH/g dan 2,749 mg KOH/g. Bilangan asam pada metode penyulingan air menghasilkan nilai yang relatif tinggi. Hal ini dikarenakan pada prosesnya terdapat interaksi langsung antara bahan dengan pelarut (air), sehingga dihasilkan senyawa asam bebas sebagai akibat dari terjadinya hidrolisis ester (Gumelar *et al.*, 2022). Dengan demikian, metode penyulingan uap dan air dapat menjaga kualitas minyak asiri kulit lemon yang ditandai dengan rendahnya jumlah asam bebas yang terkandung pada minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan.

c. Aroma

Berdasarkan uji perbedaan, data yang dihasilkan menunjukkan nilai aroma minyak asiri kulit lemon berada di kisaran 2 – 3 atau sebaran perbedaan aroma minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan terhadap aroma kulit lemon segar sangat sedikit hingga cukup jauh. Aroma terbaik terdapat pada perlakuan bahan kering angin 3 hari menggunakan penyulingan uap dan air dengan nilai aroma sebesar 2,231 atau perbedaan terhadap aroma kulit lemon segar sangat sedikit. Data hasil pengujian aroma ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Perbedaan Aroma Minyak Asiri Kulit Lemon

Perlakuan (Kondisi Bahan- Metode Penyulingan)	Rerata	Modus	Keterangan
Segar-Air	2,385	2 dan 3	Perbedaan sedikit
Segar-Uap dan Air	2,308	2	Perbedaan sangat sedikit
Kering Angin 3 Hari-Air	2,846	3	Perbedaan cukup jauh
Kering Angin 3 Hari-Uap dan Air	2,231	2	Perbedaan sangat sedikit

Metode penyulingan uap dan air menghasilkan karakteristik aroma yang lebih mendekati aroma kulit lemon segar. Hal tersebut berkaitan erat dengan nilai bilangan asam pada minyak asiri kulit lemon. Pada minyak asiri kulit lemon yang berasal dari bahan kering angin 3 hari menggunakan penyulingan air, aroma yang dihasilkan menjauhi aroma kulit lemon segar. Hal tersebut sesuai dengan nilai bilangan asam pada minyak asiri tersebut berada pada nilai tertinggi, yaitu 5,519 mg KOH/g. Bilangan asam yang tinggi menunjukkan banyaknya asam bebas akibat dari terjadinya hidrolisis ester. Hidrolisis ester yang terjadi dapat menyebabkan perubahan aroma yang dihasilkan pada minyak asiri dengan karakteristik bau tidak sedap (aroma gosong) atau menjauhi aroma dari tanaman asalnya (Sastrohamidjojo, 2004).

Besar kandungan *limonene* pun mempengaruhi karakteristik aroma pada minyak asiri kulit lemon. Semakin tinggi nilai *limonene*, maka karakteristik aroma yang dihasilkan semakin mendekati aroma kulit lemon segar. Berdasarkan hasil pengujian, aroma minyak asiri kulit lemon pada kondisi bahan kering angin 3 hari menggunakan penyulingan uap dan air menghasilkan aroma yang paling mendekati aroma kulit lemon segar. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai rerata kandungan *limonene* yang terdapat di dalamnya lebih tinggi dibandingkan pada kondisi segar, yaitu 67,7% > 63,8%. Senyawa lainnya yang menjadi pembentuk karakteristik aroma pada minyak asiri lemon adalah γ -*terpinene* (National Center for Biotechnology Information, 2023d). Besar konsentrasi γ -*terpinene* untuk kedua kondisi bahan berada di kisaran 4,56 – 7,44%, nilai tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh EFSA: 2021, dan mendekati standar ISO 855: 2003. Dengan demikian, pengujian aroma dapat menunjukkan kualitas sensori terhadap kandungan yang terdapat pada minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, kulit jeruk lemon afkir mengandung empat senyawa utama penyusun minyak asiri lemon, yaitu *limonene* (60,63 – 68,65%), *a-pinene* (1,1 – 2,24%), β -*pinene* (1 – 1,14%), dan γ -*terpinene* (4,56 – 7,44%). Berdasarkan hasil penelitian, metode terbaik terdapat pada penyulingan uap dan air selama 6 jam, untuk kondisi bahan segar dihasilkan rerata rendemen 0,25%, bobot jenis 0,856 g/ml, bilangan asam 2,749 mg KOH/g, dan perbedaan aroma terhadap kulit lemon segar sangat sedikit. Pada kondisi bahan kering angin 3 hari, dihasilkan rerata rendemen 0,31%, bobot jenis 0,840 g/ml, bilangan asam 2,746 mg KOH/g, dan perbedaan aroma terhadap kulit lemon segar sangat sedikit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kulit jeruk lemon afkir berpotensi untuk dijadikan bahan pembuatan minyak asiri, dengan rata kandungan *limonene* sesuai dengan standar ISO 855: 2003 dan EFSA: 2021, yaitu 63,8–67,7%. Faktor kondisi bahan, metode penyulingan, dan waktu penyulingan yang digunakan berpengaruh terhadap rendemen dan kualitas minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan. Perlakuan yang menghasilkan rendemen tertinggi terdapat pada kondisi bahan kering angin 3 hari menggunakan metode penyulingan uap dan air dengan rerata rendemen sebesar 0,31%. Perlakuan paling optimal terdapat pada proses penyulingan uap dan air selama 6 jam pada kondisi bahan segar, dengan rerata rendemen 0,25%, bobot jenis 0,856 g/ml, bilangan asam 2,749 mg KOH/g, dan perbedaan aroma minyak asiri kulit lemon yang dihasilkan terhadap aroma kulit lemon segar sangat sedikit.

Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap proses penyulingan uap dan air pada kulit jeruk lemon afkir. Penelitian dapat dilakukan dengan memberikan variasi suhu penyulingan dan rasio bahan terhadap pelarut yang digunakan. Selain itu, sebaiknya dilakukan pengujian terhadap seluruh parameter mutu minyak asiri lemon yang terdapat pada acuan standar yang telah ditetapkan, sehingga dapat diketahui potensi pemanfaatan jeruk lemon afkir sebagai produk minyak asiri secara maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Pascapanen dan Teknologi Proses serta Laboratorium Uji, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran yang telah memberikan fasilitas untuk melakukan penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk seluruh pembaca.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal dari pihak mana pun, baik dalam tahapan penelitian maupun tahapan publikasi.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun.

DAFTAR REFERENSI

- Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. de L., Christensen, H., Kouba, M., Fašmon Durjava, M., López-Alonso, M., López Puente, S., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Brantom, P., Chesson, A., Westendorf, J., ... Dusemund, B. (2021). Safety and Efficacy of Feed Additives Consisting of Expressed Lemon Oil and Its Fractions from *Citrus limon* (L.) Osbeck and of Lime Oil from *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle for Use in All Animal Species (FEFANA asbl). *EFSA Journal*, 19(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6548>
- Barqy, N. (2021). Review: Senyawa Penyusun Minyak Atsiri Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*) dan Aktivitas Farmakologinya. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5 (2), 89–98. <https://doi.org/10.33085/jdf.v5i2>
- Cahyati, S., Kurniasih, Y., & Khery, Y. (2016). Efisiensi Isolasi Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk dengan Metode Destilasi Air-Uap Ditinjau dari Perbandingan Bahan Baku dan Pelarut yang Digunakan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia "Hydrogen,"* 4(2), 103–110. <https://doi.org/10.33394/hjkkv4i2.97>

- Damayanti, M., Nurjanah, S., Bunyamin, A., & Pujiyanto, T. (2020). Ekstraksi Minyak Atsiri Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) dengan Lama Waktu Penyulingan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(4), 653-656. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.4.653>
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura. (2022). *Produksi Jeruk Lemon Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat*. Open Data Jabar. <https://opendata.jabarprov.go.id>
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007). Comparison of Different Isolation Methods of Essential Oil from Citrus Fruits: Cold Pressing, Hydrodistillation and Microwave 'dry' Distillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 22(6), 494-504. <https://doi.org/10.1002/ffj.1829>
- Guenther, E. (1987). *Minyak Atsiri* (Jilid I). UI-Press
- Gumelar, A. M., Ersan, E., & Supriyatdi, D. (2022). Pengaruh Lama Pelayuan dan Pencacahan Daun Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) pada Rendemen dan Mutu Citronella Oil. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 1-8. <https://doi.org/10.25181/jaip.v10i1.1644>
- Hanif, Z., & Ashari, H. (2021). Post-harvest losses of citrus fruits and perceptions of farmers in marketing decisions. *E3S Web of Conferences*, 306. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130602059>
- Hidayati. (2012). Distilasi Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk Pontianak dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Sabun Aroma Terapi. *Jurnal Biopropal Industri*, 3(2), 39-49. <https://dx.oii.org/10.36974/jbi.v3i2>
- International Standardization Organization. (1998). *ISO 279:1998 Essential Oils – Determination of Relative Density at 20°C – Reference Method* (2nd ed.)
- International Standardization Organization. (2003). *ISO 855:2003 Oil of Lemon [Citrus limon (L.) Burm. f.], Obtained by Expression* (2nd ed.)
- International Standardization Organization. (2023). *ISO 1242:2023 Essential Oils – Determination of Acid Value* (3rd ed.)
- Lubis, E. H., Antara, N. T., & Alamsyah, R. (2004). The Study on The Effects of Isolation Time and Identification for Lemon (*Citrus limon* Burm. f.) Oil Leather and Its Application on Soft Drinks. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 21(1), 32-40. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v2i01.2513>
- Magalhães, D., Vilas-Boas, A. A., Teixeira, P., & Pintado, M. (2023). Functional Ingredients and Additives from Lemon by-Products and Their Applications in Food Preservation: A Review. *Foods*, 12 (5), 1-29. <https://doi.org/10.3390/foods12051095>
- Muhtadin, A. F., Wijaya, R., & Mahfud, M. (2013). Pengambilan Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk Segar dan Kering dengan Menggunakan Metode Steam Distillation. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), 98-101. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.2351>

- National Center for Biotechnology Information. (2023a). *PubChem Compound Summary for CID 6549, Linalool, (+/-)*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/Compound/Linalool>
- National Center for Biotechnology Information. (2023b). *PubChem Compound Summary for CID 6549, Phenol, 5-Methyl-2-(1-methylethyl)*. [https://pubchem.ncl.nih.gov/Compound/Phenol, 5-Methyl-2-\(1-methylethyl\)](https://pubchem.ncl.nih.gov/Compound/Phenol,5-Methyl-2-(1-methylethyl))
- National Center for Biotechnology Information. (2023c). *PubChem Compound Summary for CID 22311, Limonene, (+/-)*. <https://pubchem.ncl.nih.gov/Compound/Limonene>
- National Center for Biotechnology Information. (2023d). *PubChem Compound Summary for CID 7461, γ -Terpinene*. [https://pubchem.ncl.nih.gov/Compound/ \$\gamma\$ -Terpinene](https://pubchem.ncl.nih.gov/Compound/γ-Terpinene)
- Rahmawati, A. S., & Erina, R. (2020). Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan Uji ANOVA Dua Jalur. *OPTIKA*, 4 (1), 54–62. <https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.333>
- Sastrohamidjojo, H. (2004). *Kimia Minyak Atsiri (Jilid I)*. Gadjah Mada University Press
- Suardhika, I.M., Pratama, I. P. A. A., Budiarta, P. B. P. P., Partayanti, L. P. I., & Paramita, N. I. P. V. (2018). Perbandingan 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. <https://doi.org/10.24843/JFU.2018.v07.i02.p06>
- Tran, T. H., Nguyen, T. N. Q., Le, X. T., Phong, H. X., & Long, T. B. (2021). Optimization of Operating Conditions of Lemon (*Citrus aurantifolia*) Essential Oil Extraction by Hydro-distillation Process using Response Surface Methodology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1092 (1). <https://doi.org/10.1088/1757899x/1092/1/012094>
- Tutuarima, T., Handayani, D., Hidayat, L., & Atria, P. (2020). Pengaruh Fermentasi Alami Limbah Industri Kalamansi terhadap Peningkatan Rendemen dan Mutu Minyak Atsiri. *AGRITEPA*, 7(2), 80–87. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v7i2.1170>
- Wang, H., Xiao, H. W., Wu, Y., Zhou, F., Hua, C., Ba, L., Shamim, S., & Zhang, W. (2022). Characterization of Volatile Compounds and Microstructure in Different Tissues of 'Eureka' Lemon (*Citrus limon*). *International Journal of Food Properties*, 25(1), 404–421. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2046600>