

| | |
|---|-----------------------|
|  | Vol. 4 No. 1 Mei 2024 |
| | Halaman : 27 - 37 |
| | e-ISSN : 2809 - 9796 |

Karakteristik dan Komposisi Minyak Atsiri dari Sampel Gabungan Daun-Ranting Limau Kuit Asal Astambul dan Aranio

Delfa Nayla Fitria, Azidi Irwan*, Abdullah

¹Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

*Email korespondensi : airwan@ulm.ac.id

Submitted: 27 Januari 2024; Accepted: 24 Mei 2024

ABSTRACT– Limau kuit is believed to be a local orange from South Kalimantan. Limau kuit has a distinctive aroma different from other oranges and is thought from its essential oil. The essential oil from limau kuit has the potential to be extracted and produced into valuable goods. Limau kuit essential oil from a combination of leaves and twigs has never been reported before. The composition of essential oils is influenced by genetic and environmental factors. The region producing limau kuit in Kabupaten Banjar is in Kecamatan Astambul and Kecamatan Aranio. These places geographically have different conditions, especially the altitude of the location, so it is thought to have a difference in the essential oils. This research aims to obtain essential oil from the leaves and twigs of limau kuit by hydrosteam distillation and determine the characteristics and composition of each plant's origin. Hydrosteam distillation was carried out for 6 hours at 60-70 °C. The essential oil of leaves and twigs of limau kuit is transparent pale yellow and has an aroma similar to the source with an average yield of 0.6027% (v/w) or 0.5062% (w/w). The specific gravity, refractive index, optical rotation, and solubility in alcohol, respectively, of Astambul essential oil are 0.8540; 1.4792; (-14.05); and 1:6; and Aranio 0.8495; 1.4792; (+)0.16, and 1:7. Based on the results of GC-MS analysis, the components of Astambul and Aranio essential oils overall tend to be the same with a difference of 25%. Number of compounds in essential oil from Astambul was 32, while from Aranio was 38. The three main compounds in essential oils from Astambul and Aranio are γ -terpinene, *o*-cymene, and (+)-bicyclogermacrene, with the respective %area in Astambul essential oil, was 25%; 13.22%, and 6.38%; and Aranio was 22.43%; 11.68%; and 5.88%.

KEYWORD : Limau kuit leaves-twigs; essential oil; hydrosteam distillation; Astambul; Aranio.

PENDAHULUAN

Limau kuit diyakini merupakan tanaman jeruk lokal khas Kalimantan Selatan. Nama ilmiah limau kuit hingga saat ini masih belum dapat dipastikan. Beberapa peneliti sebelumnya menggunakan nama ilmiah *Citrus hystrix* D.C., yang merupakan nama ilmiah jeruk purut serta *Citrus amblycarpa*, yang merupakan nama ilmiah jeruk limau. Akan tetapi, apabila dilihat dari morfologinya secara keseluruhan, limau kuit berbeda dengan jeruk purut dan juga jeruk limau (Irwan & Junaidi, 2020).

Limau kuit memiliki aroma khas yang berbeda dari aroma jenis jeruk lain yang kuat diduga disebabkan oleh minyak atsirinya. Aroma dari suatu tanaman atau bagian tanaman umumnya berasal dari kandungan minyak atsiri yang dimilikinya. Minyak atsiri adalah zat yang berbau karena sifatnya mudah menguap pada temperatur biasa di udara (Syafitri & Fazadini, 2020). Minyak atsiri pada pada limau kuit berpotensi untuk diekstraksi dan diproduksi menjadi barang bernilai. Minyak atsiri dari jenis jeruk telah digunakan secara luas dari zaman kuno hingga sekarang dan merupakan sumber terbanyak dibandingkan jenis tanaman lain (Brah *et al.*, 2023). Produksi global tahunan minyak atsiri jeruk dalam

literatur disebutkan mencapai 16.000 ton dengan harga \$14.000/ton di pasar internasional (Deng *et al.*, 2020). Minyak atsiri merupakan produk hilir yang berdaya saing tinggi serta memiliki prospek pengembangan yang cerah di masa mendatang untuk berbagai kebutuhan seperti industri wewangian, bahan tambahan makanan, kosmetik, dan farmasi (Budiarto & Sholikin, 2022).

Beberapa penelitian mengenai minyak atsiri limau kuit telah dilaporkan, di antaranya minyak atsiri dari kulit buah (Irwan & Rosyidah, 2019; Shopyanto, 2019; Rahman *et al.*, 2022) dan dari daunnya (Kurniawati, 2018; Panjaitan & Irwan, 2023). Minyak atsiri dari gabungan ranting dan daun limau kuit belum pernah dilaporkan. Minyak atsiri dari daun dan ranting tanaman jeruk disebut petitgrain (Chemat, 2010), biasanya digunakan sebagai wewangian dan aromaterapi karena aromanya yang lebih halus dibandingkan dengan minyak yang diperoleh dari pengepresan kulit buah (Silvestre *et al.*, 2020).

Ekstraksi minyak atsiri dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya dengan distilasi. Distilasi terbagi menjadi tiga macam, yaitu distilasi air, distilasi uap-air, dan distilasi uap. Minyak atsiri dari limau kuit dapat diperoleh dengan distilasi uap-air (Panjaitan & Irwan, 2023). Kelebihan dari distilasi uap air yaitu peralatannya cukup sederhana (Nurchahyo, 2014) serta dapat mencegah rusaknya komponen kimia minyak atsiri yang disebabkan oleh hidrolisis karena sampel tidak kontak langsung dengan air (Ariani *et al.*, 2023).

Komposisi minyak atsiri bergantung pada beberapa faktor genetik dan lingkungan (Silvestre *et al.*, 2020). Limau kuit dapat tumbuh baik di tanah yang basah berair sampai lahan di pegunungan (Irwan *et al.*, 2017). Salah satu pusat produksi buah limau kuit berada di Desa Sungai Tuan, Kecamatan Astambul (Irwan & Junaidi, 2020). Tanaman limau kuit juga ditemukan di daerah lain, salah satunya yaitu Desa Aranio, Kecamatan Aranio. Kedua kecamatan masih berada dalam wilayah Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Kecamatan Astambul dan Kecamatan Aranio secara geografis memiliki kondisi yang berbeda. Wilayah Kecamatan Astambul merupakan dataran rendah pasang surut di sekitar daerah aliran Sungai Martapura yang biasa tergenang air serta terkena banjir tahunan. Kecamatan Aranio merupakan dataran tinggi dan banyak kawasan pegunungan. Perbedaan kondisi ini diduga dapat memberikan perbedaan pada komposisi dan karakteristik minyak atsiri daun-ranting limau kuit yang dihasilkan. Lokasi pertumbuhan, tanah dan iklim, serta praktik budaya, terutama pengelolaan air dan unsur hara, terbukti sangat mempengaruhi hasil dan kualitas minyak atsiri suatu tanaman (Efendi *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Lawrence (2003) membuktikan bahwa petitgrain dari spesies-spesies jeruk yang sama dari asal negara berbeda menunjukkan perbedaan pada komposisi senyawanya. Penelitian oleh Efendi *et al.* (2021) menunjukkan bahwa perbedaan lokasi penanaman menyebabkan perbedaan persentase rendemen serta berpengaruh nyata terhadap kandungan relatif sitronelal minyak atsiri dari daun jeruk purut dari Bogor, Bandung Barat, Pasuruan, dan Tulungagung. Hal ini juga diperkuat dengan penelitian (Budiarto & Sholikin, 2022) yang mengkaji 85 data penelitian terdahulu bahwa asal tanaman jeruk berpengaruh nyata terhadap kandungan sitronelal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikaji komposisi dan karakteristik minyak atsiri dari sampel gabungan daun ranting limau kuit asal Kecamatan Astambul dan asal Kecamatan Aranio. Komposisi minyak atsiri dianalisis dengan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*). Karakterisasi minyak atsiri yang dilakukan meliputi parameter rendemen, berat jenis, putaran optik, indeks bias, dan kelarutan dalam alkohol. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak atsiri merujuk pada standar yang ada.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat-alat gelas (pyrex), gunting, gunting pemotong dahan, oven, alat distilasi uap-air kapasitas 10 kg, pemanas, neraca analitik (Ohaus-400), refraktometer (Abbe 60), polarimeter (AA-65), dan GC-MS (Agilent 5977B/8890). Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ranting dan daun limau kuit, akuades, *n*-heksana *p.a.* (Unilab), *n*-heksana *for GC* (Merck), etanol *p.a.* (Merck), etanol teknis, dan natrium sulfat anhidrat *p.a.* (Merck).

Prosedur Kerja

Ranting dan daun limau kuit diperoleh dari dua tempat yang berbeda untuk penyulingan yang berbeda, yaitu Desa Sungai Tuan, Kecamatan Astambul, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan dan

Desa Aranio, Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan pada Juni-Agustus 2023. Daun limau kuit dipisahkan dari rantingnya kemudian dilakukan sortasi kering. Daun dan ranting limau kuit selanjutnya dipotong secara melintang dengan ukuran sisi $\pm 0,5$ cm

Ekstraksi minyak atsiri daun-ranting limau kuit dilakukan dengan distilasi uap-air. Prosedur yang dilakukan mengikuti prosedur pada penelitian Shinta (2022) dan Panjaitan & Irwan (2023) dengan beberapa penyesuaian. Seluruh peralatan distilasi uap-air terlebih dahulu dibersihkan. Sebanyak 5 L air dimasukkan ke dalam ketel lalu penyekat berlubang dipasang. Daun dan ranting limau kuit yang telah dipreparasi diletakkan di atas alas penyekat berlubang. Ketel ditutup rapat dan pemanas dinyalakan. Air pendingin pada kondensor dipastikan dapat mengalir dengan baik untuk menghasilkan pendinginan yang maksimal. Proses distilasi dilakukan selama 6 jam pada suhu uap 60-70 °C. Suhu uap ini merupakan suhu uap yang terukur oleh termometer, yaitu suhu uap yang keluar ketel menuju kondensor. Distilat ditampung pada penampung distilat yang dapat memisahkan antara air dan minyak. Minyak yang telah dipisahkan disimpan dalam botol vial gelap kemudian dilakukan pemurnian. Pemurnian dilakukan dengan penambahan Na_2SO_4 anhidrat sedikit demi sedikit. Penambahan Na_2SO_4 anhidrat dihentikan ketika gumpalan tidak terbentuk lagi.

Penentuan karakteristik minyak atsiri yang dilakukan meliputi parameter rendemen, berat jenis, putaran optik, indeks bias, dan kelarutan dalam etanol 90%. Persamaan untuk penentuan rendemen dapat dilihat pada Pers (1) dan Pers (2). Persamaan dalam penentuan berat jenis ditunjukkan pada Pers (3). Komposisi minyak atsiri dianalisis dengan GC-MS. Analisis GC-MS dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

$$\% \frac{v}{b} = \frac{\text{volume hasil}}{\text{berat total sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \frac{b}{b} = \frac{\text{berat hasil}}{\text{berat total sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{berat jenis} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad (3)$$

Keterangan:

m = massa piknometer kosong (gram)

m_1 = massa piknometer berisi air (gram)

m_2 = massa piknometer berisi sampel (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel

Sampel ranting dan daun limau kuit merupakan satu kesatuan bagian tanamannya, bukan dari bagian yang terpisah. Preparasi sampel dilakukan dengan perajangan, tujuannya untuk memperbanyak terbukanya kelenjar minyak pada daun sehingga minyak lebih mudah keluar saat proses distilasi. Perajangan juga membuat dinding sel daun terbuka sehingga mudah ditembus oleh uap (Nugraheni *et al.*, 2016), begitu juga dengan bagian rantingnya.

Preparasi sampel dilakukan pada waktu yang berdekatan dengan distilasi. Hal ini dilakukan dengan tujuan meminimalkan lepasnya sebagian minyak atsiri oleh kemungkinan terjadinya penguapan. Lepasnya minyak atsiri ini dapat mempengaruhi hasil akhir yang diperoleh, yaitu hasil minyak atsiri kemungkinan dapat berkurang oleh adanya minyak yang menguap sehingga mengurangi rendemen, atau komposisi minyak atsiri dapat berubah sehingga mempengaruhi aromanya (Sastrohamidjojo, 2004). Berat sampel dari Astambul setelah dipreparasi adalah 1334 gram, sedangkan Aranio 1596 gram.

Ekstraksi Minyak Atsiri dengan Distilasi Uap-Air

Distilasi dilakukan pada suhu uap 60-70°C selama 6 jam. Waktu distilasi dihitung setelah adanya distilat yang tertampung pada penampung. Distilat dari sampel Astambul menetes pada 35 menit setelah api dinyalakan (suhu uap = 42°C), sedangkan sampel Aranio pada 46 menit setelah api dinyalakan (suhu

uap = 38°C). Distilat yang menetes pertama adalah air. Air dan minyak atsiri dalam bahan tidak menguap bersama-sama. Air menguap setelah proses pemanasan, kemudian ketika tercapai keseimbangan tekanan, uap air masuk ke dalam jaringan bahan dan mendesak minyak atsiri ke permukaan. Minyak atsiri selanjutnya ikut menguap bersama uap air dan menuju kondensor (Nugraheni *et al.*, 2016). Uap ketika melewati kondensor mengalami kondensasi sehingga menjadi zat cair (Anggia *et al.*, 2018). Adanya minyak atsiri yang mulai terdistilasi ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung pada penampung distilat. Hal ini terjadi pada sekitar 20 menit waktu distilasi (setelah air menetes).

Gelembung-gelembung minyak dengan berjalannya waktu distilasi, bertambah banyak dan membentuk lapisan pada penampung distilat. Minyak atsiri berada pada lapisan atas, sedangkan air atau disebut juga hidrosol, berada pada lapisan bawah. Lapisan minyak ini pada sampel Astambul terbentuk saat sekitar 30 menit setelah air menetes pertama, sedangkan pada sampel Aranio sudah terlihat lapisan tipis minyak pada saat 20 menit setelah air menetes. Lapisan minyak seiring dengan berjalannya waktu distilasi semakin tebal. Tetesan minyak sudah relatif sedikit setelah 5 jam. Api dimatikan ketika waktu distilasi mencapai 6 jam. Minyak atsiri yang dihasilkan beraroma mirip dengan sumbernya (daun dan ranting limau kuit) dan berwarna kuning muda transparan.

Karakteristik Minyak Atsiri

Karakterisasi minyak atsiri dilakukan untuk mengetahui sifat minyak atsiri dari masing-masing asal tanaman yang memiliki perbedaan geografis, yaitu Astambul (dataran rendah) dan Aranio (dataran tinggi). Perbedaan ketinggian dapat berpengaruh kepada minyak atsiri karena hubungannya terhadap suhu. Secara global, meningkatnya ketinggian berkaitan dengan menurunnya suhu udara serta berkorelasi signifikan (Efendi *et al.*, 2021). Suhu lingkungan asal tanaman memiliki pengaruh terhadap hasil serta kualitas minyak atsiri (Baser & Buchbauer, 2010). Karakterisasi minyak atsiri dilakukan setelah tahap pemurnian menggunakan Na₂SO₄ anhidrat. Volume hasil pemurnian minyak atsiri Astambul adalah 8,18 mL dengan berat 6,8701 g. Volume minyak atsiri Aranio adalah 9,45 mL dengan berat 7,9381 gram. Ringkasan hasil karakterisasi minyak atsiri daun-ranting limau kuit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter karakteristik minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio

| Paramater Karakteristik Minyak Atsiri | Asal Sampel | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Astambul | Aranio |
| Rendemen | 0,6132 % (v/b) atau 0,5150 % (b/b) | 0,5921 % (v/b) atau 0,4974 % (b/b) |
| Berat jenis | 0,8540 | 0,8495 |
| Indeks bias | 1,4792 | 1,4792 |
| Putaran optik | (-)14,05 | (+)0,16 |
| Kelarutan dalam alkohol 90% | 1:6 | 1:7 |

a. Rendemen

Rata-rata rendemen minyak atsiri sampel campuran daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio adalah 0,6027% (v/b) atau 0,5062% (b/b). Rata-rata rendemen ini jika dibandingkan dengan rendemen minyak atsiri daun limau kuit, yaitu 0,59% (v/b) (Panjaitan & Irwan, 2023), rendemen (dalam %-v/b) minyak atsiri daun-ranting limau kuit lebih besar. Rendemen minyak atsiri daun-ranting limau kuit lebih kecil jika dibandingkan minyak dari kulit buahnya, yaitu 1,25% (Shinta, 2022). Rendemen minyak atsiri dari daun-ranting limau kuit juga lebih kecil jika dibandingkan dengan minyak atsiri daun jeruk purut yang berkisar antara 0,78–1,5% (Efendi *et al.*, 2021). Rendemen minyak atsiri asal Astambul lebih besar dibandingkan asal Aranio (Tabel 1). Hal ini serupa dengan tanaman nilam yang menghasilkan rendemen minyak lebih rendah pada dataran tinggi karena faktor intensitas penyinaran matahari (Mangun *et al.*, 2012). Namun, penelitian Efendi *et al.* (2021) menunjukkan jeruk purut yang berasal dari lokasi ketinggian 239 mdpl menghasilkan rendemen minyak daun jeruk purut yang tertinggi serta berbeda signifikan dibandingkan asal lokasi ketinggian 109; 803; dan 1189 mdpl. Perbedaan ini dapat disebabkan karena rendemen tidak hanya dipengaruhi oleh geografis asal tanaman saja. Faktor

lain yang mempengaruhi rendemen ialah intensitas hujan, karbon organik tanah, pH tanah, dan kadar makronutrien (nitrogen, fosfor, dan magnesium) pada tanaman (Efendi *et al.*, 2021).

b. Berat jenis

Minyak atsiri asal Astambul memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan Aranio, tetapi masih berada pada kisaran yang sama yaitu 0,85. Penelitian yang dilakukan Sulhidayatun *et al.* (2022) menunjukkan minyak atsiri daun cengkeh yang diperoleh dari asal tanaman dengan lokasi ketinggian yang berbeda, berat jenisnya tidak berbeda nyata. Standar minyak atsiri jenis jeruk di Indonesia belum ditentukan, sehingga belum dapat diketahui kualitas minyak atsiri ini berdasarkan berat jenisnya. Berat jenis minyak atsiri daun-ranting limau kuit lebih besar dibandingkan minyak atsiri yang dihasilkan dari kulitnya, yaitu 0,8265 (Shinta, 2022) dan juga daunnya, yaitu 0,8285 (Panjaitan & Irwan, 2023). Berat jenis minyak atsiri yang dihasilkan relatif mirip dengan kulit buah jeruk manis (*Citrus sinensis* (L.)), yang mana standarnya dalam ISO 3140:2019(E) adalah 0,842-0,850; dan justru relatif berbeda dibandingkan berat jenis petitgrain jeruk pahit (*Citrus aurantium* L. var. Paraguay (syn. *Citrus aurantium* var. bigaradia Hook f.)), yang mana standarnya dalam ISO 3064:2015(E) adalah 0,884-0,892.

c. Putaran optik

Putaran optik berkaitan dengan struktur dan konsentrasi molekul kiral dalam sampel (Baser & Buchbauer, 2010). Aktivitas optik disebabkan oleh ketidaksimetrisan molekul (Talapatra & Talapatra, 2015). Minyak atsiri daun ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio memiliki nilai optik yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 1. Minyak atsiri asal Astambul memutar bidang polarisasi ke kiri, sedangkan Aranio ke kanan. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh komposisi masing-masing minyak, sebab nilai putaran optik pada minyak atsiri merupakan gabungan nilai putaran optik senyawa penyusunnya (Smith & Idrus, 2018), yang mana setiap zat yang aktif secara optis mempunyai rotasi spesifiknya sendiri (Baser & Buchbauer, 2010). Nilai putaran optik minyak atsiri asal Astambul mirip dengan minyak atsiri daun limau kuit yang memutar bidang polarisasi ke kiri, yaitu $(-1,90^\circ)$ (Panjaitan & Irwan, 2023).

d. Indeks bias

Nilai indeks bias berkorelasi dengan nilai berat jenis. Semakin besar berat molekul pada minyak, besar juga berat jenis dan indeks bias yang diperoleh (Ma'mun dalam Nugraheni *et al.*, 2016). Indeks bias minyak atsiri asal Astambul dan Aranio bernilai sama, yaitu 1,4792 dan berada dalam nilai indeks bias minyak atsiri umumnya, biasanya minyak atsiri memiliki indeks bias antara 1,450–1,590 (Baser & Buchbauer, 2010). Standar indeks bias minyak atsiri jeruk Indonesia juga belum ditentukan. Indeks bias minyak atsiri daun-ranting limau kuit lebih besar daripada minyak dari daunnya saja, berkaitan dengan berat jenisnya yang juga lebih besar. Indeks bias minyak atsiri daun limau kuit adalah 1,472 (Panjaitan & Irwan, 2023)

e. Kelarutan dalam etanol 90%

Kelarutan minyak atsiri dalam etanol 90% dihitung berdasarkan perbandingan volume minyak atsiri dengan volume etanol yang digunakan untuk melarutkannya. Nilai kelarutan masing-masing minyak dapat dilihat pada Tabel 1. Minyak atsiri Astambul lebih mudah larut dibandingkan minyak atsiri Aranio. Kelarutan dalam alkohol berkaitan dengan senyawa pada minyak atsiri, yang mana golongan teroksigenasi mempunyai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan golongan hidrokarbon (Kristian *et al.*, 2016) dan semakin banyak senyawa polarnya semakin mudah larut (Panjaitan & Irwan, 2023). Golongan senyawa yang diduga memberikan paling besar sifat kemudahan larut adalah monoterpena teroksigenasi. Hal ini karena golongan senyawa ini selain merupakan golongan teroksigenasi, kepolarannya paling besar dibandingkan seskuiterpena dan diterpena teroksigenasi.

Persentase kelompok senyawa pada minyak atsiri dapat dilihat pada Tabel 5. Monoterpena teroksigenasi pada minyak atsiri asal Astambul berjumlah 5,48% yang mana nilai ini lebih besar daripada minyak atsiri asal Aranio. Dengan demikian, nilai kelarutan ini berkesesuaian dengan jumlah monoterpena teroksigenasi. Minyak yang persentase monoterpena teroksigenasinya lebih besar, lebih mudah larut dalam alkohol. Minyak atsiri daun dan ranting limau kuit kelarutannya lebih kecil dibandingkan minyak atsiri dari daunnya saja, yaitu 1:4 (Panjaitan & Irwan, 2023).

Analisis Komponen Penyusun Menggunakan GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan pada masing-masing minyak untuk mengetahui senyawa-senyawa penyusun dalam masing-masing minyak asal Astambul dan juga Aranio, sebab perbedaan asal tanaman secara geografis merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi komposisi minyak atsiri (Ju, 2023). Daftar senyawa penyusun minyak atsiri hasil analisis beserta waktu retensinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Senyawa penyusun pada minyak atsiri asal Astambul berdasarkan hasil analisis berjumlah 32 senyawa, sedangkan minyak atsiri asal Aranio 38 senyawa, Jenis senyawa asal masing-masing minyak jika digabungkan menghasilkan 40 jenis senyawa. Jenis senyawa yang ditemukan pada minyak atsiri Astambul dan juga pada minyak atsiri Aranio berjumlah 30. Jenis senyawa yang berbeda berjumlah 10, yang mana jenis senyawa yang ditemukan pada Astambul tapi tidak ditemukan di Aranio berjumlah 2, dan senyawa yang ditemukan pada Aranio tetapi tidak ditemukan di Astambul berjumlah 8. Berdasarkan perbedaan jumlah jenis senyawa ini (yaitu 10 senyawa berbeda dari total 40 jenis senyawa) dapat disimpulkan minyak atsiri asal Astambul dan asal Aranio 25% berbeda. Perbedaan komposisi ini yang mungkin menjadi salah satu sebab berbedanya putaran optik pada kedua minyak atsiri. Daftar senyawa yang sama pada minyak atsiri asal Astambul dan Aranio beserta %area dapat dilihat pada Tabel 3 dan daftar senyawa yang berbeda pada Tabel 4.

Nilai %area menunjukkan kadar relatif senyawa dalam minyak, yang mana persentase senyawa pada Astambul dan Aranio berbeda-beda. Persentase total %area pada senyawa yang sama lebih besar daripada %area senyawa yang berbeda, sehingga dapat dikatakan komposisi minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan aranio cenderung sama. Total %area pada jenis senyawa yang sama untuk minyak asal Astambul secara keseluruhan memberikan persentase yang lebih besar yaitu 98,24% komposisinya, sedangkan Aranio 95,76%.

Tiga senyawa dominan pada Astambul dan Aranio adalah γ -terpinena, *o*-simena, dan (+)-bisiklogermakrena, sedangkan pada urutan selanjutnya banyak perbedaan. Komponen utama dari minyak atsiri asal Astambul dan Aranio adalah γ -terpinena, sama seperti komponen utama pada minyak atsiri dari daunnya yang kadar relatifnya 24,19% (Panjaitan & Irwan, 2023). γ -terpinena juga merupakan senyawa utama pada minyak atsiri daun asam jingga dengan kadar yang relatif lebih tinggi, yaitu 36,67% (Sembiring, 2018). γ -terpinena merupakan senyawa yang berbau seperti jeruk, herbal (Stoilova *et al.*, 2008). Meskipun γ -terpinena merupakan senyawa paling dominan dalam minyak atsiri daun-ranting limau kuit, belum dapat dipastikan aroma yang dihasilkan berasal dari senyawa ini.

γ -terpinena dilaporkan memiliki aktivitas anti-inflamasi (Ramalho *et al.*, 2015) serta aktivitas antioksidan yang tinggi, bahkan efek penangkapan radikalnya 3,5 kali lebih kuat dari trolox (Choi, 2010). Minyak atsiri yang diperoleh dari jeruk yuko (*Citrus yuko* Hort. ex Tanaka) dan minyak atsiri dari lemon lisbon (*Citrus limon* Brum. F. CV. Eureka) dengan jumlah γ -terpinena dalam minyaknya berturut-turut sebesar 18,6% dan 8,8% menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat lebih dari 90% karena tingginya jumlah γ -terpinena (Baser & Buchbauer, 2010).

Kelompok senyawa pada kedua minyak atsiri (Tabel 3 dan Tabel 4) didominasi oleh hidrokarbon monoterpena, yaitu >60%. Total %area kelompok senyawa pada masing-masing minyak dapat dilihat pada Tabel 5. Persentase terpena yang paling sedikit ditemui pada hidrokarbon diterpena. Diterpena lebih berat daripada monoterpena dan juga seskuiterpena, sehingga dibutuhkan lebih banyak energi untuk menuju fase uap dan diperlukan waktu distilasi yang lebih lama untuk mendapatkannya. Biasanya diterpena ditemukan dalam resin. Salah satu diterpenoid penyusun minyak atsiri adalah fitol, seperti yang didapatkan pada penelitian ini. Fitol merupakan komponen dari jelatang dan banyak minyak atsiri (Baser & Demirci, 2007).

Tabel 2. Dugaan senyawa penyusun minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio berdasarkan hasil analisis GC-MS

| No. | RT | | Dugaan Senyawa | Rumus Molekul |
|-----|----------|--------|---|--|
| | Astambul | Aranio | | |
| 1. | 5,799 | 5,811 | α -felandrena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 2. | 5,931 | 5,942 | 3-karena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 3. | 6,612 | 6,618 | β -felandrena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 4. | 6,675 | 6,698 | sabinena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 5. | 6,881 | - | (-)- β -pinena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 6. | - | 6,887 | 2-tujena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 7. | 7,339 | 7,35 | α -terpinena | C ₁₀ H ₁₄ |
| 8. | 7,487 | 7,527 | <i>o</i> -simena | C ₁₀ H ₁₄ |
| 9. | 7,55 | 7,585 | <i>D</i> -limonena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 10. | 7,848 | 7,882 | siklofensena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 11. | 8,094 | 8,163 | <i>g</i> -terpinena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 12. | - | 8,288 | <i>trans</i> -linalool oksida (furanoid) | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ |
| 13. | 8,54 | 8,569 | terpinolena | C ₁₀ H ₁₆ |
| 14. | 8,672 | 8,683 | linalool | C ₁₀ H ₁₈ O |
| 15. | 9,336 | 9,341 | 1,3,8- <i>p</i> -mentatriena | C ₁₀ H ₁₄ |
| 16. | 9,942 | - | terpinen-4-ol | C ₁₀ H ₁₈ O |
| 17. | - | 9,948 | terpinen-1-ol | C ₁₀ H ₁₈ O |
| 18. | 10,131 | 10,137 | <i>L</i> - α -terpineol | C ₁₀ H ₁₈ O |
| 19. | 11,539 | 11,544 | timol | C ₁₀ H ₁₄ O |
| 20. | 12,265 | 12,271 | δ -elemena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 21. | 13,009 | 13,015 | guaia-10(14),11-diena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 22. | 13,438 | 13,461 | kariofilena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 23. | 13,553 | 13,558 | 4-epi- α -acoradiena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 24. | 13,873 | 13,879 | humulena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 25. | 14,125 | 14,136 | <i>g</i> -muurolena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 26. | 14,217 | 14,239 | β -kopaen-4 α -ol | C ₁₅ H ₂₄ O |
| 27. | 14,417 | 14,434 | (+)-bisiklogermakrena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 28. | 14,503 | 12,820 | 10-isotiosianato-4-kadinena | C ₁₆ H ₂₅ NS |
| 29. | - | 14,514 | (+)- <i>valencene</i> | C ₁₅ H ₂₄ |
| 30. | - | 14,623 | kubebol | C ₁₅ H ₂₆ O |
| 31. | 14,691 | 14,703 | δ -kadinena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 32. | - | 15,018 | elemol | C ₁₅ H ₂₆ O |
| 33. | 15,178 | 15,195 | germakrena B | C ₁₅ H ₂₄ |
| 34. | - | 15,269 | (3 <i>E</i> ,7 <i>E</i>)-4,8,12-trimetitrideka-1,3,7,11-tetraena | C ₁₅ H ₂₄ |
| 35. | - | 15,412 | spatulenol | C ₁₅ H ₂₄ O |
| 36. | 15,487 | 15,492 | (-)-globulol | C ₁₅ H ₂₆ O |
| 37. | 15,973 | 15,973 | τ -kadinol asetat | C ₁₇ H ₂₈ O ₂ |
| 38. | 16,122 | 16,122 | τ -kadinol | C ₁₅ H ₂₆ O |
| 39. | 16,271 | 16,276 | τ -muurolol | C ₁₅ H ₂₆ O |
| 40. | 20,82 | 20,831 | fitol | C ₂₀ H ₄₀ O |

Tabel 3. Daftar jenis senyawa yang sama pada minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio

| No. | Dugaan Senyawa | Kelompok Senyawa | % Area dan Urutan | | | |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|------------|--------------|
| | | | Astambul | | Aranio | |
| 1. | α -felandrena | hidrokarbon monoterpena | (15) | 1,18 | (13) | 2,08 |
| 2. | 3-karena | hidrokarbon monoterpena | (12) | 2,50 | (10) | 3,70 |
| 3. | β -felandrena | hidrokarbon monoterpena | (28) | 0,38 | (27) | 0,58 |
| 4. | sabinena | hidrokarbon monoterpena | (9) | 3,23 | (9) | 3,81 |
| 5. | α -terpinena | hidrokarbon monoterpena | (14) | 1,48 | (14) | 1,83 |
| 6. | α-simena | hidrokarbon monoterpena | (2) | 13,22 | (2) | 11,68 |
| 7. | <i>D</i> -limonena | hidrokarbon monoterpena | (8) | 3,99 | (8) | 3,87 |
| 8. | siklofensena | hidrokarbon monoterpena | (7) | 4,38 | (4) | 5,55 |
| 9. | γ-terpinena | hidrokarbon monoterpena | (1) | 29,24 | (1) | 22,43 |
| 10. | terpinolena | hidrokarbon monoterpena | (4) | 5,58 | (5) | 5,40 |
| 11. | linalool | monoterpena teroksigenasi | (16) | 1,18 | (22) | 0,81 |
| 12. | 1,3,8- <i>p</i> -mentatriena | hidrokarbon monoterpena | (27) | 0,49 | (29) | 0,57 |
| 13. | <i>L</i> - α -terpineol | monoterpena teroksigenasi | (21) | 0,87 | (25) | 0,68 |
| 14. | timol | monoterpena teroksigenasi | (11) | 2,80 | (12) | 2,52 |
| 15. | δ -elemena | hidrokarbon seskuiterpena | (23) | 0,74 | (21) | 1,05 |
| 16. | guaia-10(14),11-diena | hidrokarbon seskuiterpena | (19) | 1,02 | (18) | 1,24 |
| 17. | kariofilena | hidrokarbon seskuiterpena | (6) | 4,59 | (7) | 4,97 |
| 18. | 4-epi- α -acoradiena | hidrokarbon seskuiterpena | (31) | 0,36 | (28) | 0,58 |
| 19. | humulena | hidrokarbon seskuiterpena | (17) | 1,09 | (17) | 1,31 |
| 20. | γ -muurolena | hidrokarbon seskuiterpena | (30) | 0,37 | (32) | 0,43 |
| 21. | β -kopaen-4 α -ol | seskuiterpena teroksigenasi | (5) | 4,66 | (6) | 5,11 |
| 22. | (+)-bisiklogermakrena | hidrokarbon seskuiterpena | (3) | 6,38 | (3) | 5,88 |
| 23. | 10-isotiosianato-4-kadinena | lain-lain | (32) | 0,34 | (34) | 0,38 |
| 24. | δ -kadinena | hidrokarbon seskuiterpena | (13) | 1,56 | (15) | 1,69 |
| 25. | germakrena B | hidrokarbon seskuiterpena | (10) | 3,06 | (11) | 3,51 |
| 26. | (-)-globulol | seskuiterpena teroksigenasi | (29) | 0,38 | (35) | 0,38 |
| 27. | τ -kadinol asetat | seskuiterpena teroksigenasi | (26) | 0,50 | (30) | 0,49 |
| 28. | τ -kadinol | seskuiterpena teroksigenasi | (20) | 0,92 | (26) | 0,68 |
| 29. | τ -muurolol | seskuiterpena teroksigenasi | (18) | 1,08 | (19) | 1,15 |
| 30. | fitol | diterpena teroksigenasi | (24) | 0,67 | (16) | 1,40 |
| Total | | | | 98,24 | | 95,76 |

Tabel 4. Daftar jenis senyawa yang berbeda pada minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio

| No. | Dugaan Senyawa | Kelompok Senyawa | % Area dan Urutan | | | |
|-------|---|-----------------------------|-------------------|-------------|--------|-------------|
| | | | Astambul | | Aranio | |
| 1. | (-)- β -pinena | hidrokarbon monoterpena | (22) | 0,81 | - | - |
| 2. | 2-tujena | hidrokarbon monoterpena | - | - | (20) | 1,11 |
| 3. | <i>trans</i> -linalool oksida (furanoid) | monoterpena teroksigenasi | - | - | (36) | 0,34 |
| 4. | terpinen-4-ol | monoterpena teroksigenasi | (25) | 0,63 | - | - |
| 5. | terpinen-1-ol | monoterpena teroksigenasi | - | - | (23) | 0,69 |
| 6. | (+)- <i>valencene</i> | hidrokarbon seskuiterpena | - | - | (31) | 0,46 |
| 7. | kubebol | seskuiterpena teroksigenasi | - | - | (33) | 0,41 |
| 8. | elemol | seskuiterpena teroksigenasi | - | - | (38) | 0,24 |
| 9. | (3 <i>E</i> ,7 <i>E</i>)-4,8,12-trimetitrideka-1,3,7,11-tetraena | hidrokarbon seskuiterpena | - | - | (24) | 0,69 |
| 10. | spatulanol | seskuiterpena teroksigenasi | - | - | (37) | 0,28 |
| Total | | | | 1,44 | | 4,22 |

Tabel 5. Persentase total kelompok senyawa pada minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio

| Kelompok Senyawa | Total %Area | |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| | Astambul | Aranio |
| hidrokarbon monoterpena | 66,48% | 62,61% |
| monoterpena teroksigenasi | 5,48% | 5,04% |
| hidrokarbon seskuiterpena | 19,17% | 21,81% |
| seskuiterpena teroksigenasi | 7,54% | 8,74% |
| hidrokarbon diterpena | - | - |
| diterpena teroksigenasi | 0,67% | 1,4% |
| lain-lain | 0,34% | 0,38% |
| Jumlah | 99,68% | 99,98% |

Kelompok terpena teroksigenasi secara keseluruhan didapatkan lebih banyak pada Aranio, yaitu 13,78% dibandingkan Astambul yaitu 13,02%. Jumlah jenis senyawa yang teroksigenasi pun didapatkan demikian, pengelompokan senyawa teroksigenasi berdasarkan gugus fungsinya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Talebi *et al.* (2019), dapat dinyatakan jumlah senyawa teroksigenasi meningkat pada minyak atsiri tanaman dataran tinggi. Tanaman di dataran tinggi menghadapi radiasi UV-B yang lebih tinggi yang memiliki efek pleiotropik pada kandungan metabolit sekunder. Radiasi UV yang tinggi ini menyebabkan berkembangnya tekanan oksidatif pada tanaman, sehingga menyebabkan jumlah senyawa teroksigenasinya lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman pada dataran rendah.

Tabel 6. Pengelompokan senyawa teroksigenasi berdasarkan gugus fungsi pada minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul

| No. | Jenis senyawa | Senyawa | Jumlah |
|---------------|---------------|--|--------|
| 1. | Alkohol | linalool, terpinen-4-ol, <i>L</i> - α -terpineol, timol, β -kopaen-4 α -ol, (-)-globulol, τ -kadinol, τ -muurolol, fitol | 12,52% |
| 2. | Ester | τ -kadinol asetat | 0,5% |
| Jumlah | | 10 | 13,02% |

Tabel 7. Pengelompokan senyawa teroksigenasi berdasarkan gugus fungsi pada minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Aranio

| No. | Jenis senyawa | Senyawa | Jumlah |
|---------------|-------------------------|---|--------|
| 1. | Alkohol | linalool, terpinen-1-ol, <i>L</i> - α -terpineol, timol, β -kopaen-4 α -ol, kubebol, elemol, spatulenol, (-)-globulol, τ -kadinol, τ -muurolol, fitol | 12,95% |
| 2. | Ester | τ -kadinol asetat | 0,49% |
| 3. | Eter siklik dan alkohol | <i>trans</i> -linalool oksida | 0,34% |
| Jumlah | | 14 | 13,78% |

Terpena teroksigenasi yang digolongkan berdasarkan gugus fungsinya pada minyak atsiri Astambul dan Aranio terdapat perbedaan (Tabel 6 dan Tabel 7). Golongan senyawa eter siklik tidak terdapat pada minyak asal Astambul, yang mana senyawanya ialah *trans*-linalool oksida (furanoid). Linalool oksida merupakan komponen rasa utama pada teh hitam (Wüst & Mosandl, 1999). Linalool oksida ditemukan juga pada beberapa minyak atsiri daun dan ranting jeruk pahit (Lawrence, 2003). Senyawa ini memiliki aroma manis, bunga, dan bau kayu yang kuat. Linalool oksida dapat dihasilkan dari oksidasi linalool melalui jalur enzim biologis ataupun transformasi biologis (Qin & Yang, 2016). Linalool oksida pada tumbuhan lain, yaitu bunga elder, merupakan senyawa linalool yang diubah oleh

jamur yang ada di daun. Hal ini menunjukkan mikroorganisme juga dapat mengubah komposisi minyak atsiri (Baser & Buchbauer, 2010).

Perbedaan yang terdapat pada komposisi minyak atsiri daun-ranting limau kuit mungkin tidak disebabkan oleh perbedaan kondisi geografisnya saja, terdapat beberapa faktor lain yang mempengaruhi komposisi minyak atsiri. Namun, perbedaan ketinggian lokasi Astambul dan Aranio sebagai tempat tumbuh sumber minyak atsiri bisa jadi menjadi salah satu faktornya. Produksi minyak atsiri oleh tanaman sebagai metabolit sekunder sendiri merupakan bentuk adaptasi tanaman terhadap lingkungan yang berperan penting. Minyak atsiri berperan sebagai pertahanan terhadap patogen, herbivora, interaksi dengan penyerbuk dan jamur mikoriza, sinyal antar tanaman, dan perlindungan terhadap tekanan abiotik (Boaro *et al.*, 2019). Menurut Figueiredo *et al.* (2008), komposisi minyak atsiri yang berbeda dari suatu spesies dari tempat yang berbeda mencerminkan kondisi budaya dan kondisi lingkungannya yang berbeda (seperti ketinggian, paparan sinar matahari, jenis tanah, dll.), yang mana semua hal ini bercampur, dan juga disebabkan oleh perbedaan genetik.

KESIMPULAN

Minyak atsiri daun-ranting limau kuit dapat dihasilkan melalui metode distilasi uap-air dengan rata-rata rendemen 0,6027% (v/b) atau 0,5062% (b/b). Minyak atsiri yang dihasilkan berwarna kuning muda transparan dan beraroma mirip dengan sumbernya (daun dan ranting limau kuit). Karakteristik minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio berdasarkan karakterisasi yang dilakukan terdapat sejumlah perbedaan. Berat jenis, putaran optik, dan kelarutan dalam alkohol pada minyak atsiri Astambul berturut-turut ialah 0,8540; (-)14,05; dan 1:6; sedangkan pada minyak atsiri Aranio adalah 0,8495; (+)0,16; dan 1:7. Indeks bias minyak atsiri Astambul dan Aranio bernilai sama, yaitu 1,4792. Komposisi minyak atsiri daun-ranting limau kuit asal Astambul dan Aranio berdasarkan hasil analisis GC-MS cenderung sama dengan perbedaan jenis senyawa sebesar 25%. Jenis senyawa pada minyak atsiri asal Astambul berjumlah 32, sedangkan asal Aranio 38. Kelompok senyawa hidrokarbon monoterpena merupakan kelompok yang mendominasi minyak atsiri Astambul dan Aranio dengan persentase berturut-turut 66,48% dan 62,61%. Tiga senyawa utama pada minyak atsiri asal Astambul dan Aranio adalah γ -terpinena, *o*-simena, dan (+)-bisiklogermakrena dengan %area berturut-turut pada Astambul ialah 29,24%; 13,22%; dan 6,38%; serta pada Aranio adalah 22,43%; 11,68%; dan 5,88%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Anggaran DIPA ULM lewat PDWM (Program Dosen Wajib Meneliti) 2023 yang telah melibatkan mahasiswa sebagai tim penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggia, M., Mutiar, S., & Arziyah, D. (2018). Teknologi Ekstraksi Bunga Kenanga (*Cananga odorata* L.) dan Sereh Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) Sebagai Aroma Terapi Sabun Cair. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 5–9.
- Ariani, S. R. D., Prihasti, A. G., & Prasetyawati, A. N. (2023). *Buku Referensi Inovasi Hand Sanitizer Beradisi Minyak Atsiri Serai Wangi dengan Kombinasi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Lemon, Nipis, dan Purut*. Penerbit Uwais Inspirasi Indonesia.
- Baser, K. H. C., & Demirci, F. (2007). Chemistry of Essential Oils. In R. G. Berger (Ed.), *Flavours and Fragrances* (pp. 43–86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-49339-6_4
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of Essential Oil Science, Technology, and Applications*. CRC Press.
- Boaro, C. S. F., Vieira, M. A. R., Campos, F. G., Ferreira, G., De-la-Cruz-Chacón, I., & Marques, M. O. M. (2019). Factors Influencing the Production and Chemical Composition of Essential Oils in Aromatic Plants from Brazil. *Essential Oil Research*, 19–47. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_2
- Brah, A. S., Armah, F. A., Obuah, C., Awketey, S. A., & Adokoh, C. K. (2023). Toxicity and Therapeutic Applications of Citrus Essential Oils (CEOs): a Review. *International Journal of*

- Food Properties*, 26(1), 301–326. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2158864>
- Budiarto, R., & Sholikin, M. M. (2022). Kaffir Lime Essential Oil Variation in the Last Fifty Years: A Meta-Analysis of Plant Origins, Plant Parts and Extraction Methods. *Horticulturae*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121132>
- Chemat, F. (2010). Techniques for Oil Extraction. In M. Sawamura (Ed.), *Citrus Essential Oils: Flavor and Fragrance*. John Wiley & Sons Inc.
- Choi, H.-S. (2010). Functional Properties. In M. Sawamura (Ed.), *Citrus Essential Oils: Flavor and Fragrance*. John Wiley & Sons Inc.
- Deng, W., Liu, K., Cao, S., Sun, J., Zhong, B., & Chun, J. (2020). Chemical Composition, Antimicrobial, Antioxidant, and Antiproliferative Properties of Grapefruit Essential Oil Prepared by Molecular Distillation. *Molecules*, 25(1). <https://doi.org/10.3390/molecules25010217>
- Efendi, D., Budiarto, R., Poerwanto, R., Santosa, E., & Agusta, A. (2021). Relationship among Agroclimatic Variables, Soil and Leaves Nutrient Status with the Yield and Main Composition Of Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC) Leaves Essential Oil. *Metabolites*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/metabo11050260>
- Figueiredo, A. C., Barrosa, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. C. (2008). Factors Affecting Secondary Metabolite Production in Plants: Volatile Components and Essential Oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4), 213–226.
- Irwan, A., & Junaidi, A. B. (2020). Kajian Awal Metabolomik Pada Ekstrak Metanol Daging Buah Limau Kuit Dengan Analisis GC-MS Tidak Tertarget. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 5(April), 27–31.
- Irwan, A., Mustikasari, K., & Ariyani, D. (2017). Pemeriksaan Pendahuluan Kimia Daun, Kulit, dan Buah Limau Kuit: Jeruk Lokal Kalimantan Selatan. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 11(2), 71–79.
- Irwan, A., & Rosyidah, K. (2019). Potensi Minyak Atsiri dari Limau Kuit: Jeruk Lokal Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 4(1), 197–202.
- Ju, J. (2023). *Essential Oil as Antimicrobial Agents in Food Preservation*. CRC Press.
- Kristian, J., Zain, S., Nurjanah, S., Widyasanti, A., & Puti, S. H. (2016). Pengaruh Lama Ekstraksi Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Bunga Melati Putih Menggunakan Metode Ekstraksi Extraction). *Jurnal Teknotan*, 10(2), 34–43.
- Kurniawati, Y. (2018). *Pengaruh Perlakuan Pada Daun Limau Kuit Terhadap Karakteristik Minyak Atsiri dengan Metode Ekstraksi Soxhlet Menggunakan Pelarut n-heksana*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.
- Lawrence, B. M. (2003). Progress in Essential Oils. *Perfumer & Flavorist*, 28, 54–89.
- Mangun, H. M. S., Waluyo, H., & Purnama, A. (2012). *Nilam*. Penerbit Penebar Swadaya.
- Nugraheni, K. S., Khasanah, L. U., Utami, R., & Ananditho, B. K. (2016). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dan Variasi Metode Destilasi Terhadap Karakteristik Mutu Minyak Atsiri Daun Kayu Manis (*C. burmanii*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, IX(2), 51–64.
- Nurchahyo, H. (2014). Pembuatan Destilasi Kapasitas 100 Kg. *Parapemikir: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(2).
- Panjaitan, V. L., & Irwan, A. (2023). Ekstraksi dan Karakterisasi Minyak Atsiri dari Daun Limau Kuit dengan Metode Distilasi Uap–Air dan Kondensor Bola Termodifikasi serta Analisis Komposisinya Menggunakan Gc-Ms. *Jurnal Natural Scientiae*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.20527/jns.v3i1.8289>
- Qin, T., & Yang, S. (2016). A New and Simple Synthetic Route to Furanoid Linalool Oxide from Citral. *Engineering and Technology Research, ICETA*, 1162–1167. <https://doi.org/10.12783/dtetr/iceta2016/7150>
- Rahman, A., Yulinda, R., & Sari, M. M. (2022). Pengaruh Kombinasi Karagenan dan Xanthan Gum Terhadap Kualitas Gel Pengharum Ruangan Berbahan Baku Minyak Atsiri Kulit Limau Kuit. *JUSTER: Jurnal Sains Dan Terapan*, 1(3), 1–14.
- Ramalho, T. R. D. O., Pacheco De Oliveira, M. T., Lima, A. L. D. A., Bezerra-Santos, C. R., & Piuvezam, M. R. (2015). Gamma-Terpinene Modulates Acute Inflammatory Response in Mice. *Planta Medica*, 81(14), 1248–1254. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1546169>
- Sastrohamidjojo, H. (2004). *Kimia Minyak Atsiri*. Gadjah Mada University Press.

- Sembiring, H. B. (2018). Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Minyak Atsiri Daun Asam Jungga (Citrus jambhiri Lush). *Chimica et Natura Acta*, 6(1), 19–24. <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n1.16446>
- Shinta, F. S. (2022). *Ekstraksi dan Karakterisasi Minyak Atsiri dari Kulit Buah Limau Kuit Asasl Desa Sungai Tuan dengan Metode Distilasi Uap-Air dan Kondensor Bola Termodifikasi Serta Analisis Komposisinya Menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.
- Shopyanto, A. (2019). *Analisis Komposisi dan Mutu Minyak Atsiri Kulit Buah Limau Kuit Hasil Distilasi Air dengan Keadaan Basah dan Kering*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.
- Silvestre, W. P., Sachett, F. H., Agostini, F., Boettcher, G. N., Sulzbach, M., Gonzatto, M. P., Schwarz, S. F., & Pauletti, G. F. (2020). Chemical Composition of Petitgrain (Leaf) Essential Oil of Different Citrus Rootstocks And Scion Cultivars. *Journal of Essential Oil Research*, 32(5), 394–406. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1787886>
- Smith, H., & Idrus, S. (2018). Karakteristik Minyak Kayu Putih pada Berbagai Lokasi di Maluku. *Majalah Biam*, 14(2), 58–69.
- Stoilova, I., Bail, S., Buchbauer, G., Krastanov, A., Stoyanova, A., Schmidt, E., & Jirovetz, L. (2008). Chemical Composition, Olfactory Evaluation and Antioxidant Effects of the Essential Oil of *Satureja montana* L. *Natural Product Communications*, 3(7), 1035–1042.
- Sulhidayatun, Anwar, H., & Lestari, A. T. (2022). Pengaruh Ketinggian Tempat Terhadap Rendemen, Bobot Jenis dan Kandungan Minyak Daun Cengkeh. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Kehutanan Indonesia*, 1(1), 104–110.
- Syafitri, M. H., & Fazadini, S. Y. (2020). Analisis Mutu Minyak Atsiri Biji Buah Kapulaga Lokal (*Amomum cardamomum*) Berasal dari Pulau Jawa dan Bali. *Inovasi*, XXII(2), 74–80.
- Talapatra, S. K., & Talapatra, B. (2015). *Chemistry of Plant Natural Products: Stereochemistry, Conformation, Synthesis, Biology, and Medicine*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45410-3>
- Talebi, S. M., Nohooji, M. G., Yarmohammadi, M., Khani, M., & Matsyura, A. (2019). Effect of Altitude on Essential Oil Composition and on Glandular Trichome Density in Three Nepeta Species (*N. Sessilifolia*, *N. Heliotropifolia* and *N. Fissa*). *Mediterranean Botany*, 40(1), 81–93. <https://doi.org/10.5209/MBOT.59730>
- Wüst, M., & Mosandl, A. (1999). Important Chiral Monoterpenoid Ethers in Flavours and Essential Oils - Enantioselective Analysis and Biogenesis. *European Food Research and Technology*, 209(1), 3–11. <https://doi.org/10.1007/s002170050447>