

Identifikasi Komponen Oleoresin Kulit Mangga Kuweni Hasil Ekstraksi Berbantu Gelombang Mikro dengan Metode Gas Kromatografi-Spektrometri Massa (GC-MS)

Asri Widyasanti dan Abdurrahman Hanif

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran

email: asri.widyasanti@unpad.ac.id

RIWAYAT ARTIKEL

Disubmit 9 April 2022

Diterima 5 Juli 2022

Diterbitkan 25 Agustus 2022

KATA KUNCI

GC-MS; kulit mangga kuweni; *microwave asissted*; oleoresin

ABSTRAK

Kulit mangga merupakan produk samping yang dibuang saat buahnya diolah menjadi berbagai macam produk olahan. Kulit mangga dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara, diantaranya diekstrak menjadi oleoresin. Oleoresin merupakan ekstraktif rempah-rempah yang terdiri dari bahan penyedap yang mudah menguap dan tidak mudah menguap dalam bentuk senyawa yang mudah menguap dan tidak mudah menguap. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan senyawa kimia dalam oleoresin dalam kulit mangga Kuweni. Metode ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (MAE) digunakan dalam analisis ini. Ekstraksi dilakukan dalam dua tahap, pertama ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana kemudian dilanjutkan dengan pelarut etanol 96% *food grade*. Analisis GC-MS menunjukkan bahwa terdapat 17 senyawa kimia yang ditemukan dalam oleoresin dengan pelarut n-heksana dan 6 senyawa kimia yang bersifat volatil dalam oleoresin kulit mangga kuweni dengan pelarut etanol 96%. Senyawa utama dalam oleoresin berturut-turut adalah asam *Dodecanoid*, *1,2,3-propanetriyl ester* dengan kandungan relatif 69.27% dalam ekstrak oleoresin dengan pelarut n-heksana dan 51.09% dalam ekstrak oleoresin dengan pelarut etanol 96%.

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.02.04>

1. Pendahuluan

Produktivitas mangga di Indonesia relatif tinggi, berdasarkan data BPS pada tahun 2021 mencapai 2,835,422 ton. Salah satu jenis mangga yang banyak dihasilkan di masyarakat Indonesia adalah mangga Kuweni (*Mangifera odorata Griff*). Mangga Kuweni termasuk genus *Mangifera*. Mangga ini dapat dibedakan dari mangga lainnya, yaitu dari bentuk dan aromanya. Komponen pada daging buah mangga yang paling banyak yaitu air dan karbohidrat. Selain itu juga mengandung protein, lemak, asam, vitamin, mineral, tannin, zat warna dan zat yang menguap. Buah mangga kuweni digunakan dalam penelitian ini dikarenakan buah ini memiliki aroma yang khas. Zat volatil adalah ciri khas dari aroma buah mangga [1]. Mangga kuweni memiliki berbagai macam kandungan yang bernilai manfaat tinggi dan bisa dikembangkan di dunia industri, baik itu berasal dari kulit buah ataupun bagian buah lainnya.

Pengolahan kulit mangga akan menghasilkan nilai tambah produk akibat meningkatnya nilai guna bentuk komoditas pertanian. Nilai tambah merupakan pertambahan nilai suatu komoditas karena mengalami proses pengolahan,

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.02.04>

pengangkutan ataupun penyimpanan dalam suatu produksi [2]. Limbah kulit mangga yang terbuang dan tidak dimanfaatkan menjadikan pencemaran lingkungan yang merugikan masyarakat, sehingga pemanfaatan kulit mangga kuwani menjadi salah satu alternatif pengurangan jumlah limbah kulit mangga kuwani. Kulit mangga yang pada awalnya hanya menjadi bahan buangan setelah diteliti ternyata mengandung senyawa aktif penting seperti mangiferin, flavonoid, asam fenol, karotenoid, *dietary fibre*, dan beberapa enzim aktif [3]. Kulit mangga menunjukkan jumlah flavonoid sebanyak tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan daging buah mangga [4]. Residu dari pengolahan buah mentah terutama dalam agroindustri berkisar pada angka 50% [5]. Limbah kulit mangga yang terbuang dapat meningkatkan pencemaran lingkungan dikarenakan terjadi proses peluruhan yang cepat, sehingga menjadi sumber berkembang biak serangga. Tingginya permintaan oksigen biologis (BOD) dan permintaan oksigen kimia (COD) dalam limbah kulit mangga mengasikkan permasalahan limbah yang berkelanjutan [6]. Umumnya oleoresin serta minyak atsiri yang terkandung dalam buah-buahan terdapat pada kulit, kandungan dari kulit tersebut adalah sumber alami zat-zat yang mudah menguap. Produk sampingan berupa kulit ini dapat dimanfaatkan dan menunjukkan bahwa bahan samping dapat terberdayakan dan dapat meningkatkan nilai ekonomi di Indonesia.

Oleoresin berasal dari kata “oleo” yang artinya minyak dan kata “resin” yang artinya gum. Jadi oleoresin adalah minyak dan gum yang merupakan campuran minyak atsiri sebagai pembawa aroma dan pembawa rasa. Oleoresin merupakan gugusan kimia yang cukup kompleks susunannya [7]. Oleoresin merupakan campuran minyak atsiri dengan senyawa terpenoid yang terkandung didalamnya. Terpenoid memiliki aktivitas antimikroba pada membran sitoplasma dengan merusak membran luar dan membran dalam, selain itu terpenoid dapat juga berinteraksi dengan protein membran dan target intraseluler [8]. Oleoresin juga mengandung komponen *shogaol*, *gingerol*, *zingerone*, resin. Senyawa turunan fenol seperti *gingerol* dan *shogaol* dapat berfungsi sebagai senyawa antibakteri, protein dan fenol adalah ikatan yang lemah dan segera mengalami peruraian dan pada kadar tinggi fenol menyebabkan koagulasi protein sehingga membran sel mengalami lisis [8]. Oleoresin dalam industri pengolahan makanan, khususnya dalam industri daging olahan, ditambahkan untuk memberikan warna yang menarik [9]. Oleoresin juga digunakan untuk meningkatkan warna dan rasa produk di industri minuman. Oleoresin dianggap sebagai salah satu pengganti warna sintesis terbaik dalam industri makanan dan kosmetik. Oleoresin memiliki beberapa kelebihan yaitu ekonomis untuk digunakan, stabil saat diberi panas, bebas dari kontaminasi, dan umur penyimpanan yang berlangsung lama. Kelebihan tersebut membuktikan bahwa oleoresin memiliki banyak manfaat bagi industri untuk bisa menggunakan dan mengembangkan oleoresin.

Ekstrak kulit mangga dapat diekstraksi dengan beberapa cara diantaranya menggunakan metode maserasi, ultrasound [10], MAE [11], *Subcritical Water Extraction* (SCW), dan metode Soxhlet [12]. Ekstraksi berbantu microwave dipilih karena waktu ekstraksi yang cepat, kebutuhan pelarut yang relatif rendah, serta menghasilkan rendemen ekstrak yang tinggi dibanding ekstraksi konvensional [13]. Ekstraksi dengan dua jenis pelarut yaitu n-heksana dan etanol dilakukan untuk memperoleh hasil ekstrak yang lebih baik dengan kedua pelarut tersebut. Prinsip ekstraksi bertingkat ini menggunakan bahan ekstrak yang sama (ampas) dari sisa ekstraksi sebelumnya dengan cara bergiliran, diharapkan dengan menerapkan ekstraksi bertingkat dapat meningkatkan hasil ekstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kandungan senyawa volatil pada ekstrak oleoresin kulit mangga kuwani yang diproses dengan metode ekstraksi berbantu gelombang mikro.

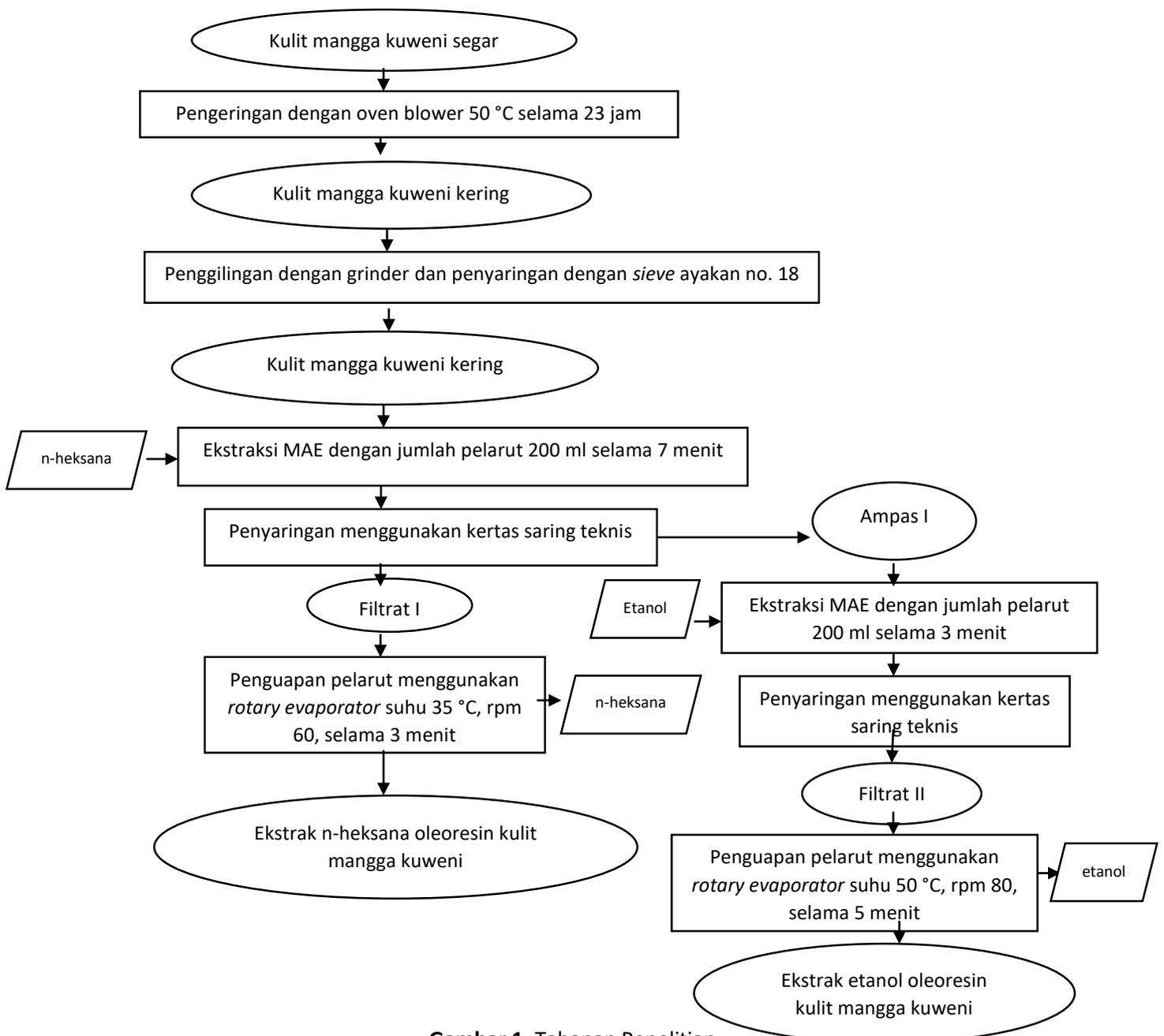
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium. Bahan yang digunakan adalah kulit mangga kuwani yang berasal dari Ciparay, Bandung. Bahan kimia pendukung diperoleh dari CV. Quadrant dan CV. Brataco Chemical yaitu n-heksana, etanol *food grade* 96%, *silica gel food grade*, kertas saring, aseton teknis, dan aquades. Alat yang digunakan adalah *oven microwave* (Sharp R222-Y(S), Jepang), mikropipet, sudip panjang, cawan

aluminium, piknometer 1ml (Pyrex, Jerman), *aluminium foil*, pisau, botol vial, *grinder* (Sayota SCG 178, Indonesia), corong kaca, erlenmeyer, gelas beaker, gelas ukur, timbangan digital, loyang aluminium, *tyler sieves* ukuran 18 mesh, desikator, *oven blower* (Tung Tec Instrument, China), *rotary evaporator vacuum* (Heildolph p/n 562-01300-00, Jerman), dan *gas chromatography-mass spectrophotometer* (Shimadzu GC-MS-QP2010 SE, Japan).

2.1 Tahapan Ekstraksi Kulit Mangga Kuweni

Ekstraksi yang diterapkan adalah ekstraksi bertingkat dengan menggunakan dua jenis pelarut pada proses MAE yaitu n-heksana dan etanol *food grade* 96%. Hasil ekstrak diberi perlakuan filtrasi vakum dan penguapan vakum (-23 bar) agar kandungan pelarut bisa dikurangi. Lama evaporasi, suhu, dan putaran proses evaporasi adalah 3 menit, 35 °C, serta 50 rpm untuk ekstrak dengan pelarut n-heksana, dan 5 menit, 50 °C serta 80 rpm untuk ekstrak dengan pelarut etanol. Daya mikrowave yang digunakan pada penelitian ini adalah 50% (350 Watt). Diagram alir proses ekstraksi berbantu gelombang mikro disajikan di **Gambar 1**.



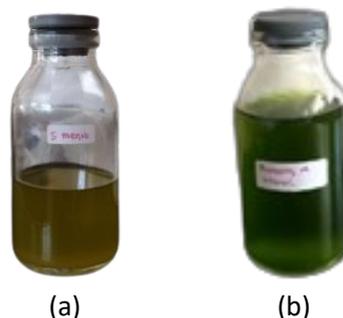
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penentuan komponen senyawa oleoresin dilakukan dengan gas kromatografi-spektroskopi massa. Sampel oleoresin sebanyak 1 μL disuntikkan pada gas kromatografi-spektrofotometer massa (Shimadzu GC-MS-QP2010 SE, Japan) dengan spesifikasi sebagai berikut kondisi operasi: kolom yang digunakan adalah Rtx-5MS (panjang 30 m, diameter 0.25 mm dan ketebalan film 0.25 mikron). Suhu awal suhu oven di kolom diatur pada 80 °C selama 14 menit hingga suhu akhir 200 °C. Suhu injektor sama dengan suhu detektor, yang 300 °C. Gas pembawa yang digunakan adalah Helium dengan laju alir 117.5 ml/menit, tekanan 42.3 kPa. Sedangkan jenis ionizing adalah *electron impact* (EI). Selanjutnya, komponen diidentifikasi dengan data library spektral massa WILLEY7.LIB yang terintegrasi dengan sistem spektroskopi massa. Penentuan identifikasi senyawa melalui GC-MS dilakukan pada sampel oleoresin tanpa pengulangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Fisik Hasil Ekstrak Oleoresin

Ekstrak oleoresin pelarut n-heksana cenderung berwarna kuning, sementara ekstrak oleoresin pelarut etanol cenderung berwarna hijau. Perbedaan warna tersebut disebabkan oleh berbedanya jenis pelarut serta nilai kepolaran dari n-heksana dan etanol. Warna kuning yang terkandung pada kulit mangga kuweni cenderung bersifat non polar sehingga terbawa oleh pelarut n-heksana, sementara warna hijau yang terkandung pada kulit mangga kuweni cenderung bersifat polar sehingga terbawa oleh pelarut etanol [14]. Kenampakan visual ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Penampakan (a) Oleoresin kulit mangga kuweni ekstrak n-heksana dan (b) oleoresin kulit mangga kuweni ekstrak etanol

3.2. Analisis GC-MS

Sampel yang diuji menggunakan GC-MS merupakan hasil ekstraksi dari proses ekstraksi, yang menggunakan pelarut n-heksana dan etanol. Hasil GC-MS akan menunjukkan komponen-komponen yang terbaca, lalu akan didapatkan pembacaan *peak area* yang menunjukkan % area dari komponen yang dianalisa. Data komponen senyawa ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni dianalisis dan disesuaikan dengan menggunakan bank data WILLEY7.LIB. Hasil uji GC-MS menunjukkan jumlah *peak* ekstrak oleoresin dengan pelarut n-heksana sebanyak 34 *peak* dengan 17 senyawa volatil. Senyawa paling dominan pada uji ini adalah senyawa *Dodecanoid acid, 1,2,3-propanetriyl ester* dengan 69.27% area. Hasil uji GC-MS menunjukkan bahwa terdapat 22 *peak* untuk ekstrak dengan pelarut etanol dengan rincian 6 jenis senyawa volatil. Senyawa yang paling dominan ini adalah *Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester* dengan 51.09% area. Jumlah *peak* oleoresin kulit mangga kuweni yang diekstrak dengan n-heksana menghasilkan lebih banyak *peak* dibandingkan ekstrak oleoresin dengan pelarut etanol, hal tersebut menunjukkan bahwa kulit mangga kuweni mengandung komponen volatil yang lebih banyak pada oleoresin dengan pelarut n-heksana. Hal ini diduga karena komponen volatil yang disaring memiliki sifat senyawa dan polaritas yang sama dengan pelarut n-heksana, sehingga pelarut n-heksana merupakan pelarut yang lebih efektif untuk mengekstraksi komponen volatil yang bersifat non-polar.

Dalam proses evaporasi oleoresin kulit mangga kuwani ekstrak n-heksana dan etanol juga berbeda kondisinya, prinsip dari proses evaporasi yaitu menguapkan solvent dan kandungan volatil yang terdapat dalam ekstrak. Oleoresin kulit mangga kuwani ekstrak n-heksana menggunakan suhu 35 °C, rpm 60, selama 3 menit, sedangkan oleoresin ekstrak etanol 50 °C, rpm 80, selama 5 menit. Oleh karena itu perbedaan setting penguapan juga dapat menjadi penyebab perbedaan banyak peak komponen volatil pada kedua oleoresin kulit mangga kuwani. Akan tetapi, berdasarkan penelitian [15] menyatakan banyak peak dalam spektrum massa yang jumlahnya kandungan relatifnya sedikit kemungkinan merupakan pengotor (*impurity*) *co-isolated* selama tahapan ekstraksi.

Pada ekstrak oleoresin kulit mangga kuwani yang diuji, senyawa ester menjadi senyawa yang paling dominan dari ekstraksi dengan pelarut n-heksana dan etanol. Senyawa ester paling dominan yang teridentifikasi oleh GC-MS adalah *Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester*. Senyawa ini merupakan asam laurat ester (terutama trigliserida) dengan nama komersial glyceryl trilaurate yang hanya ditemukan pada minyak dari tumbuh-tumbuhan. Senyawa ester paling dominan selanjutnya adalah senyawa *Octadecanoid acid, 3-[(1-oxohexadecyl)oxy]-2-[(1-oxotetradecyl)oxy]propylester*, *Tetradecanoid acid, 1,2,3-propanetriyl ester*, dan *Oleic acid, 3-(octadecyloxy)propyl ester*. Senyawa ester adalah senyawa yang memberikan aroma dan rasa [18]. Ester merupakan senyawa berbau harum dan sering digunakan dalam pemberi aroma pada makanan maupun parfum [19]. Senyawa non ester juga terdeteksi pada uji GC-MS ekstrak oleoresin kulit mangga kuwani, salah satu yang cukup dominan adalah senyawa *Cyclotetrasiloxane, octamethyl-* dengan 2.41% area. Hasil Uji GC-MS disajikan pada **Tabel 1** untuk ekstrak dengan pelarut n-heksana dan **Tabel 2** untuk ekstrak dengan pelarut etanol.

Uji GC-MS yang dilakukan hanya dapat mendeteksi senyawa volatil dalam oleoresin kulit mangga kuwani saja, untuk mengetahui potensinya sebagai bahan bioaktif dapat dilakukan penentuan total fenolik dan flavonoid. Berdasarkan literatur sebelumnya total fenolik pada kulit mangga yang diekstrak dengan MAE menggunakan pelarut etanol 95% sebesar 4.82 ± 0.38 mg GAE/g DM, dengan kandungan flavonoid 37.89 ± 4.23 mg *catechin equivalent* (CE)/g DM [15].

Tabel 1. GC-MS oleoresin kulit kuwani (ekstrak n-heksana)

No.	Peak	RT (minutes)	Component	%Area Sum
1.	1; 2	7.064 ; 9.545	<i>Heptadecane</i>	0.09
2.	3	11.839	<i>Octadecane</i>	0.04
3.	4	12.121	<i>Isopropyl myristate</i>	0.07
4.	5	18.895	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis (2-ethylhexyl) ester</i>	0.05
5.	6	20.005	<i>Nonacosane</i>	0.02
6.	7	20,550	<i>Hexadecanoic acid, tetradecyl ester</i>	0.03
7.	8	21.049	<i>Hexadecanal</i>	0.04
8.	9	21.469	<i>Dotriacontane</i>	0.28
9.	10;11; 25; 26; 32	21.642 ; 21.884 ; 24.928 ; 25.099 ; 25.460	<i>Octadecanoid acid, 3-[(1-oxohexadecyl)oxy]-2-[(1-oxotetradecyl)oxy]propyl ester</i>	21.11
10.	12; 13; 24	22.109 ; 22.192 ; 24.893	<i>Tetradecanoid acid, 1,2,3-propanetriyl ester</i>	7.16
11.	14;16; 17; 19; 21; 22; 27; 28; 30; 31; 33	22.408 ; 22.539 ; 22.867 ; 23.497 ; 24.075 ; 24.174 ; 25.263 ; 25.412 ; 26.175 ; 26.545 ; 27.883	<i>Dodecanoid acid, 1,2,3-propanetriyl ester</i>	69.27

No.	Peak	RT (minutes)	Component	%Area Sum
12.	15	22.466	Nonadecan, 12-epoxi-	1.19
13.	18	23.158	Hexadecanoic acid, 1-tetradecyl-1,2-ethanediyl ester	0.04
14.	20	23.805	Octadecanal	0.06
15.	23	24.708	1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene	0.53
16.	29	26.058	Siliconfett se30 (grevels)	0.01
17.	34	28.133	1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-	0.01

Tabel 2. GC-MS oleoresin kulit kuwani (ekstrak etanol)

No.	Peak	RT (minutes)	Component	%Area Sum
1.	1; 2; 3; 14; 20	21.435 ; 21.640 ; 21.875 ; 24.868 ; 27.219	Octadecanoic acid, 3-[(1-oxohexadecyl)oxy]-2-[(1-oxotetradecyl)oxy]propyl ester	43.28
2.	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10;11; 15; 17; 18; 21; 22	22.351 ; 22.549 ; 22,634 ; 22.750 ; 23.842 ; 23.962 ; 24.037 ; 24.145 ; 25.017 ; 25,384 ; 26.344 ; 27.219 ; 28.816	Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester	51.09
3.	12	24.258	1,1,3,3,5,5,7,7,9,9-decamethyl-pentasiloxane	0.38
4.	13	24.617	Oleic acid, 3-(octadecyloxy)propyl ester	2.41
5.	16	25.233	Octadecane, 1,1'-[1,3-propanediylbis(oxy)]bis-	0.42
6.	19	26.908	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	2.41

Penelitian terkait analisis komponen volatil pada oleoresin kulit mangga masih sangat terbatas. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, studi kandungan relatif di senyawa dominan di kulit mangga varietas Guire 82 mengandung 43.02% (Z)-beta ocimene, varietas Tainong 1 mengandung 68.37% Terpinolene, varietas Mallika 54.91% D-limonene, dan varietas mangga Hongmang 9 sebesar 49.95% 3-carene [16]. Keempat varietas mangga tersebut merupakan varietas mangga yang dibudidayakan di China. Sedangkan kandungan GC-MS untuk kulit mangga varietas lokal Indonesia masih jarang. Profil komponen volatil ditemukan pada varietas mangga gedong gincu didominasi komponen beraroma buah dan bunga yaitu yang komponen 3-carene, etil butirat, butil asetat, heksil asetat, dan etil heptanoat [17]. Komponen kimia oleoresin kulit mangga kuwani dengan kedua pelarut ternyata tidak menunjukkan senyawa-senyawa ester tersebut, hal ini diduga komponen volatil yang ada pada suatu varietas mangga memiliki atribut sensori aroma yang spesifik.

4. Kesimpulan

Kandungan relatif senyawa volatil dominan dalam ekstrak oleoresin kulit mangga kuweni dengan pelarut n-heksana dan etanol yang diproses dengan metode ekstraksi berbantu gelombang mikro berturut-turut adalah *Dodecanoid acid* 69.27% dan *1,2,3-propanetryl ester* 51.09%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Pascapanen dan Teknologi Proses, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran yang menyediakan fasilitas untuk melakukan penelitian ekstraksi MAE, dan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia yang memfasilitasi pengujian GC-MS ekstrak oleoresin mangga kuweni.

Daftar Pustaka

- [1] S. S. Antarlina, "Identifikasi Sifat Fisik dan Kimia Buah-buahan Lokal Kalimantan," *Bul. Plasma Nutfah*, vol. 15, no. 2, pp. 80–90, 2009, doi: 10.21082/blpn.v15n2.2009.p80-90.
- [2] B. Saragih, "Pembangunan pertanian dengan paradigma sistem dan usaha agribisnis," 2004, [Online]. Available: https://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/pdf/files/Anjak_2004_VI_01.pdf.
- [3] C. M. Ajila, K. A. Naidu, S. G. Bhat, and U. J. S. P. Rao, "Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract," *Food Chem.*, vol. 105, no. 3, pp. 982–988, 2007, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.04.052.
- [4] E. C. Kim, J.K. Min., T.Y. Kim, S.J. Lee, H.O., Yang, S. Han, Y.M, Kim, and Y.G, Kwon., "[6]-Gingerol, a pungent ingredient of ginger, inhibits angiogenesis in vitro and in vivo," *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, vol. 335, no. 2, pp. 300–308, 2005, doi: 10.1016/j.bbrc.2005.07.076.
- [5] R. S. Orozco, P.B. Hernandez, G.R. Morales, F. U. Nunuez, J.O. Villafuerte, V. L. Lugo, N.F. Ramirez, C.E.B. Diaz, and P.C. Vazquez, "Characterization of Lignocellulosic Fruit Waste as an Alternative Feedstock for Bioethanol Production," *BioResources*, vol. 9, no. 2, pp. 1873–1885, 2014, doi: 10.15376/biores.9.2.1873-1885.
- [6] P. Puligundla, V. S. R. Obulam, S. E. Oh, and C. Mok, "Biotechnological potentialities and valorization of mango peel waste: A review," *Sains Malaysiana*, vol. 43, no. 12, pp. 1901–1906, 2014, doi: 10.17576/jsm-2014-4312-12.
- [7] A. E. Ramadhan and H. A. Phaza, "Pengaruh konsentrasi Etanol, Suhu dan Jumlah Stage Pada Ekstraksi Oleoresin Jahe (*Zingiber officinale* Rosc) Secara Batch," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [8] M. A. Awanis and A. A. Mutmainnah, "Uji Anti Bakteri Ekstrak Oleoresin Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. rubrub) Terhadap Bakteri *Streptococcus pyogenes*," *Med. Tadulako*, vol. 3, no. 1, pp. 23–32, 2016.
- [9] A. A. Kumar and K. K., "Properties of Biodegradable Polymers and Degradation for Sustainable Development," *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 2, no. 3, pp. 164–167, 2011, doi: 10.7763/ijcea.2011.v2.95.
- [10] D. F. Rachma, A. Widyasanti, and S. Harnesa, "Ekstraksi Oleoresin dari Kulit Mangga Kuweni (*Mangifera Odorata*. Griff) dengan Ultrasound Assisted Extraction (UAE) Bertingkat," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 9, no. 1, pp. 20–25, 2021, doi: 10.21776/ub.jkptb.2021.009.01.03.
- [11] A. Hanif, A. Widyasanti, and S. H. Putri, "Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Berbantu Gelombang Mikro Pada Oleoresin Kulit Mangga Kuweni Menggunakan Metode Respon Permukaan," *Agrointek*, vol. 15, no. 4, pp. 1084–1098, 2021, doi: 10.21107/agrointek.v15i4.10175.
- [12] S. Tunchaiyaphum, M. N. Eshtiaghi, and N. Yoswathana, "Extraction of Bioactive Compounds from Mango Peels Using Green Technology," *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 4, pp. 194–198, 2013, doi:

- 10.7763/ijcea.2013.v4.293.
- [13] V. Mandal, Y. Mohan, and S. Hemalatha, "Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research," *Microw. Assist. Extr. – An Innov. Promis. Extr. Tool Med. Plant Res.*, vol. 1, no. 1, p. 2007, 2007.
- [14] A. Hanif, A. Widyasanti, and S. H. Putri, "Pengaruh Lama Ekstraksi Terhadap Rendemen Oleoresin Kulit Mangga Kuweni (*Mangifera Odorata* Griff) Menggunakan Metode MAE," *Agroindustrial Technol. J.*, vol. 4, no. 2, p. 95, 2020, doi: 10.21111/atj.v4i2.4916.
- [15] T. Chaiwarit, N. Kantrong, S.R. Sommano, P. Rachtanapun, T. Junmahasathien, M.K. Vollrath, and P. Jantrawut., "Extraction of tropical fruit peels and development of hpmc film containing the extracts as an active antibacterial packaging material," *Molecules*, vol. 26, no. 8, 2021, doi: 10.3390/molecules26082265.
- [16] C. Wei, H.Wu, Y.Liu, S. Xing, S. Wang, X. Zang, and R. Zhan. "Studies on Aroma Volatile Constituents From Four Varieties of Ripe Mango in China," in *Proceeding of Ninth International Mango Symposium. Acta Horticulturae*, 2013, no. 992, pp. 505–5012.
- [17] Utami M., Wijaya C.H, Efendi D, and Adawiyah, D.R., "Karakteristik Fisikokimia Dan Profil Sensori Mangga Gedong Pada Dua Tingkat Kematangan," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 31, no. 2, pp. 113–126, 2020, doi: 10.6066/jtip.2020.31.2.113.
- [18] Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Cetakan pertama. UI Press, 1996.
- [19] T. Soerawidjaja dan H., "Minyak-lemak dan produk-produk kimia lain dari kelapa. Handout kuliah Proses Industri Kimia, Program Studi Teknik Kimia," Institut Teknologi Bandung, Bandung., 2005.