

PRODUKSI MINYAK ATSIRI MELALUI RAGAM METODE EKSTRAKSI DENGAN BERBAHAN BAKU JAHE

**Firgi Siswantito, Adelia Natasya Regita Nugroho, Riska Listiarini Iskandar,
Christin Octaviani Sitanggang, Zulaikha Al-Qordhiyah, Cicih Rosidah, Siti Nurhayati,
Dessy Agustina Sari***

Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

*Email: dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id

Abstrak

Minyak atsiri adalah ekstrak cairan yang didapatkan dari tanaman aromatik. Berbagai industri saat ini membutuhkan minyak atsiri untuk ragam produk kebutuhan manusia yang ditujukan bagi farmasi, parfum, kosmetik, minuman serta makanan. Sejumlah peneliti melanjutkan pencarian kebaruan dalam memodifikasi metode ekstraksi sebelumnya yang tentunya menghemat waktu dan biaya proses. Selain itu, tuntutan lainnya terhadap temuan produk minyak atsiri meminta adanya implementasi aspek ramah lingkungan. Penggunaan bahan baku yang telah diketahui sebagai produk minyak atsiri adalah jahe, serai wangi, tanaman bawang, daun salam, dan tanaman aromatik lainnya. Beberapa metode ekstraksi (seperti: hidrodistilasi, ekstraksi solvent-free microwave, distilasi uap, gelombang mikro hidrodifusi dan gravitasi, serta hidrodistilasi dengan bantuan enzim) digunakan untuk mengoptimalkan yield minyak atsiri. Pihak industri dan farmasi menjadi jembatan bagi masyarakat untuk merasakan manfaat produk minyak atsiri. Kajian ini memberikan beberapa gambaran dari temuan penelitian mengenai pemanfaatan jahe melalui metode ekstraksi minyak atsiri dan penerapannya dalam industri komestik serta farmasi.

Kata kunci: distilasi, komposisi kimia, metode ekstraksi, minyak atsiri, tanaman aromatik

Abstract

Essential oils are liquid extracts obtained from aromatic plants. Various industries currently need imperative oils for different human needs, products for pharmaceuticals, perfumes, cosmetics, beverages, and food. Many researchers continue their search for novelty in modifying previous extraction methods, saving time and process costs. In addition, other demands on the findings of essential oil products require the implementation of environmentally friendly aspects. The raw materials known as actual oil products are ginger, citronella, onion plants, bay leaves, and other aromatic plants. Several extraction methods (such as hydrodistillation, solvent-free microwave extraction, steam distillation, microwave hydro-diffusion, gravity, and hydrodistillation with the help of enzymes) are used to optimize the yield of essential oils. Industry and pharmaceutical parties are a bridge for the community to experience the benefits of actual oil products. This study provides some descriptions of research findings regarding the use of ginger through the essential oil extraction method and its application in the cosmetic and pharmaceutical industries.

Keywords: aromatic plants, chemical compositions, distillation, essential oils, extraction method

1. PENDAHULUAN

Minyak atsiri adalah cairan yang didapatkan melalui pemanfaatan bagian tanaman aromatik melalui proses ekstraksi. Bahan tersebut menjadi sumber komponen di berbagai bidang seperti farmasi, kosmetik dan makanan (Drinić et al., 2020). Sejumlah tanaman aromatik yang telah teridentifikasi diantaranya adalah kayu manis, kayu putih, cempaka gondok, langsung, cempaka putih, kemiri, jahe, dan sebagainya. Produk ekstraksi ini bersifat mudah menguap, lipofilik, dan aromatik yang khas. Keunikan ini menjadikan aroma dan rasanya bergantung pada

jumlah dan bahan yang terkandung dalam minyak (Ni et al., 2021). Secara kimia, tanaman ini tersusun dari campuran berbagai senyawa, tetapi suatu senyawa biasanya bergantung pada salah satu aroma minyak atsiri. Dari 70 jenis minyak atsiri yang memasuki pasar internasional, sekitar 9-12 jenis minyak atsiri yang telah tersuplai di Indonesia. Diantaranya ada 5 jenis yang telah tersuplai di Indonesia sebagai minyak tradisional terbesar dari kelompok minyak atsiri tersebut yaitu cengkeh, nilam, kayu putih, pala, dan sereh (Rusli, 2012) Selain itu, tanaman yang tergolong kedalam

minyak tradisional spesifik sebagai penghasil minyak atsiri yang berada di Indonesia juga salah satunya adalah jahe. Umumnya, tanaman ini memiliki dua jenis, yaitu jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*) dan jahe putih (*Z. officinale* var. *amarum*).

Jahe merah memiliki ukuran rimpang yang kecil dengan warna jingga muda kemerahan, seratnya kasar dengan aroma dan rasa yang pedas. Hal ini berbeda dengan karakteristik jahe putih. Jenis jahe ini memiliki ukuran rimpang yang lebih besar dengan bentuk sedikit pipih dan warnanya putih kekuningan. Sedangkan, aroma yang dihasilkan oleh jahe putih tidak setajam atau tidak sekuat jahe merah.

Minyak atsiri secara khusus berguna sebagai agen penyembuhan dan telah digunakan sebagai subjek penelitian untuk mengembangkan minyak aromaterapi. Manfaat lainnya juga telah diterapkan dalam industri, yaitu desinfektan, insektisida, kosmetik, *cologne* air, lotion rambut, dan sampo. Dengan demikian pemanfaatan dari sisi aromaterapi memberikan peluang bagi perkembangan industri minyak atsiri baik secara kuantitas maupun kualitas (Tritanti & Pranita, 2019).

Produk minyak atsiri yang berbahan dasar jahe memiliki peran dalam menghilangkan rasa sakit, meningkatkan sirkulasi pernapasan, dan memperbaiki sistem pada pencernaan. Luaran lainnya berupa penanganan permasalahan kulit berminyak, jerawat, ketombe di rambut, dan bau badan (deodoran) (Tritanti & Pranita, 2019). Sejumlah manfaat dari produk turunan tersebut akan memberikan ruang kegiatan kombinasi riset untuk mendapatkan kondisi proses optimal bagi aspek lainnya dengan pemberdayaan potensi dari bahan baku lainnya. Seperti peneliti (Golmohammadi et al., 2018) telah berhasil dalam memberdayakan limbah kulit nanas. Produknya berupa pelembab kulit, garam mandi, lilin beraroma terapi, dan sejenisnya.

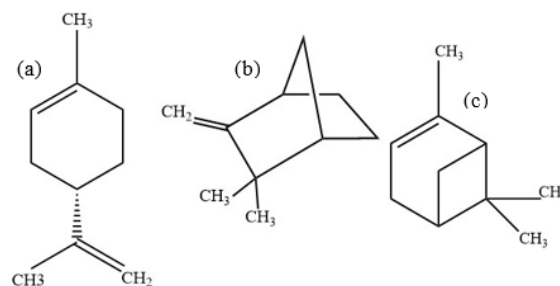
Perolehan minyak atsiri umumnya dikembangkan melalui metode ekstraksi. Ragamnya berupa hidrodistilasi, distilasi uap, ekstraksi melalui gelombang mikro yang bebas pelarut (*solvent-free microwave extraction*), gelombang mikro hidrodifusi dan gravitasi, serta hidrodistilasi dengan bantuan enzim. Sejumlah metode tersebut telah memberikan kontribusi penerapan bagi bidang industri dan farmasi.

Artikel ini membahas wawasan umum terkait pemanfaatan jahe merah dan jahe putih

dalam ekstraksi minyak atsiri mengenai kandungan komposisi kimia, metode ekstraksi, dan perluasan penggunaan dalam bidang industri kosmetik dan farmasi. Penggunaan *review article* menjadi langkah pendekatan untuk memaparkan kajian terkait pemanfaatan bahan baku tanaman aromatik berupa komposisi kimia, metode pengekstraksian, dan implementasi penggunaan di dunia industri.

2. KOMPOSISI KIMIA MINYAK ATSIRI

Komposisi minyak atsiri sebagian besar tersusun atas terpenoid (sering disebut sebagai terpen, komponen alami yang paling penting). Salah satu komponennya ada yang mengandung 10 atom karbon per molekul dan ini disebut monoterpen. Istilah ini memiliki penampilan sebagai cairan yang tidak berwarna, tidak larut dalam air, dan beraroma harum. Monoterpen merupakan senyawa dalam minyak atsiri (sebagai hasil ekstraksi) dengan bahan baku tanaman termasuk buah-buahan, sayuran, maupun rempah-rempah. Kandungan monoterpen dimiliki oleh kelompok limonene (berupa: wortel, lemon, jeruk, dan minyak sitrun lainnya); pinene (seperti: cemara, kayu putih, pinus, lada hitam, oregano), dan camphene (pada juniper, cemara, dan pinus). Adapun rumus bangun dari kelompok ini disajikan Gambar 1.



Gambar 1. Tim monoterpen: (a) limonene, (b) camphene, dan (c) pinene

Kandungan lainnya seperti caryophyllene dalam monoterpen dapat ditemukan pada lavender, clary sage, marjoram; azulene dan chamazulene pada chamomile; dan cadinene di dalam nilam, lemon, cedarwood.

Gingerol berperan atas aroma dan rasa jahe yang kuat (cukup menyengat indra penciuman). Senyawa ini juga meningkatkan kelezatan makanan dan merangsang sekresi enzim pencernaan. Senyawa bioaktif lainnya pada rimpang jahe berupa terpen, oleoresin,

zingiberol, zingiberone, zingiberene, shogaol, zingerone, dan paradol. Senyawa ini telah terbukti pada sisi aktivitas antioksidan, antibakteri, antiparasit, antiinflamasi, dan imunostimulasi (Supu et al., 2018).

3. METODE EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI

Minyak atsiri dapat terekstraksi melalui penggunaan beberapa metode, yaitu: hidrodistilasi, ekstraksi *solvent-free microwave*, distilasi uap, gelombang mikro hidrodifusi dan gravitasi, serta hidrodistilasi dengan bantuan enzim. Ragamnya metode tersebut akan memengaruhi sifat dan kualitas minyak atsiri (Okoh et al., 2010). Ketidaktepatan pemilihan proses ekstraksi mampu mengakibatkan kerusakan dan perubahan aktivitas fitokimia yang ada di dalam minyak atsiri.

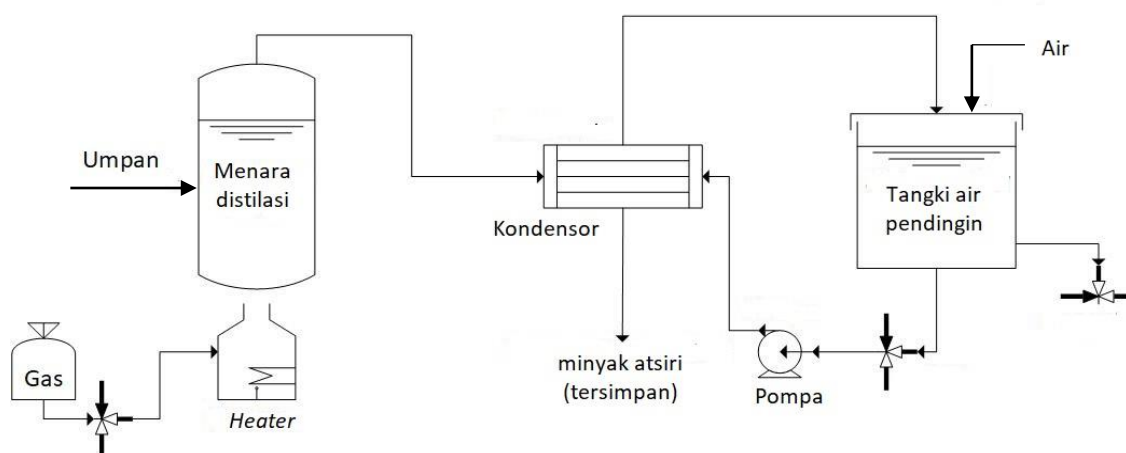
Hidrodistilasi

Metode pertama ini menjadi langkah konvensional yang paling sederhana dan umum digunakan pada proses ekstraksi minyak atsiri (Drinić et al., 2020) dan alur proses secara umumnya ditunjukkan pada Gambar 2. Pemberian panas terhadap sampel dilakukan melalui media air. Selanjutnya, proses pemisahan berlangsung di *rotary evaporator* dengan bantuan pelarut. Klorofom dan heksana akan membantu pemurnian minyak atsiri dari kandungan campuran. Dari Gambar 2, peneliti akan menyesuaikan kebutuhan panas dengan meninjau ulang sampel yang digunakan. Keunggulannya berasal dari sisi waktu proses

ekstraksi yang lebih singkat, lebih tingginya jumlah senyawa yang teroksidasi, hasil produk atau yield yang lebih baik, ramah lingkungan, dan rendahnya biaya produksi.

Upaya pengoptimalan proses untuk metode hidrodistilasi mengarah ke beberapa parameter, yaitu rasio substrat terhadap pelarut, suhu dan waktu proses ekstraksi, pelibatan enzim, serta waktu inkubasinya (Bousbia et al., 2009). Metode ini juga diterapkan bagi *Cymbopogon nardus* atau dikenal sebagai serai wangi (Kumoro et al., 2021).

Sampel daun kering terproses secara hidrodistilasi di dalam satu set peralatan tipe Clevenger dengan adanya pengaturan rasio antara massa sampel (serbuk) terhadap volume air dan waktu proses berlangsung selama 5 jam. Proses awal berupa pencapaian titik didih terendah dari campuran sampel. Lalu, uap yang terbentuk mengalami proses kondensasi dan mengakibatkan pemisahan antara air dan minyak yang terekstraksi. Produk yang diinginkan mengalami penghilangan sejumlah kadar air di dalamnya (proses dehidrasi) melalui pengumpanan natrium sulfat yang terunggun. Keluarannya disimpan pada kondisi 4°C dengan peralatan gelap dan tertutup rapat sampai proses pengujian produk berlangsung. Proses lanjutan seperti pemurnian berulang dapat diberikan untuk mencapai spesifikasi produk yang diinginkan. Pemanfaatan metode hidrodistilasi mampu memberikan *yield* maksimal sebesar 0,5% dalam mengekstraksi jahe menjadi minyak atsiri selama 90-120 menit (Phat et al., 2020).



Gambar 2. Proses ekstraksi melalui metode hidrodistilasi (Abidin et al., 2009)

Meskipun metode yang umum dan sederhana untuk digunakan, namun pada penerapannya masih terdapat beberapa

kekurangan seperti lamanya waktu ekstraksi dan biaya yang cukup besar. Karena faktor tersebut beberapa peneliti telah

menggabungkan metode hidrodistilasi konvensional dengan bantuan gelombang mikro yang dikenal sebagai MAHD atau *Microwave-Assisted Hydro-Distillation* (Drinić et al., 2020).

Solvent-free Microwave Extraction (SFME)

Metode alternatif kedua mengekstraksi senyawa bioaktif dari tanaman aromatik. Pengembangan inovasi ini dituangkan penulis Farid Chemat dalam buku "*Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds*" di tahun 2004 (Filly et al., 2014). Keunggulan yang dimilikinya adalah melibatkan pelarut organik yang lebih sedikit sehingga menjadikan waktu proses ekstraksi menjadi lebih singkat, efisiensi penggunaan energi menjadi lebih tinggi, serta bersifat ramah lingkungan.

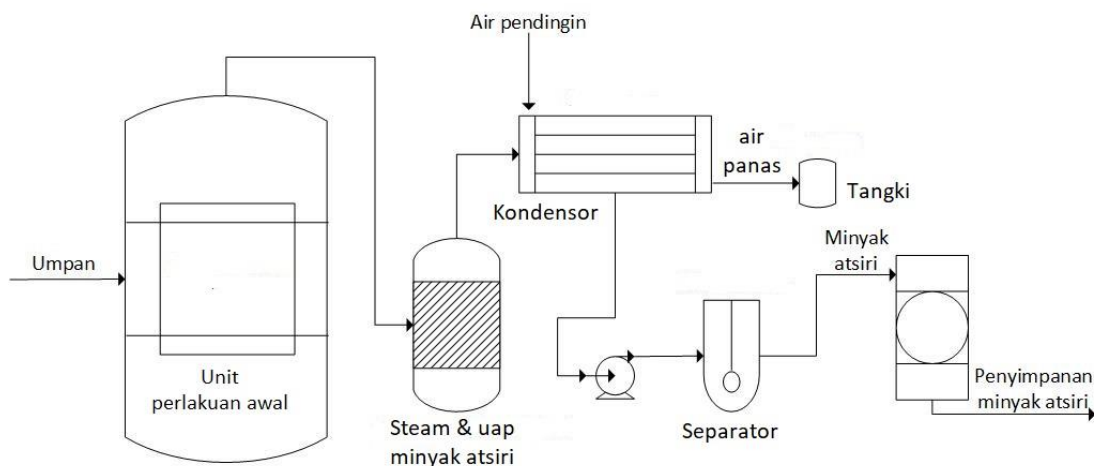
SFME menggabungkan pemanasan gelombang mikro ke tahap proses distilasi (tekanan atmosfer). Pemberian gelombang ini memberikan laju perpindahan energi lebih tinggi dan dampak bagi efektivitas waktu penggunaan peralatan. Selain itu, keberadaan pengaturan pemanasan selama proses ekstraksi mengakibatkan peningkatan *yield* minyak atsiri. Hal ini meringankan kinerja proses lanjutan berupa distilasi yang menjadi lebih sederhana. Metode SFME melalui penggunaan model persamaan matematis untuk meninjau kembali hasil penelitian dan mendapatkan nilai perkiraan dengan menggabungkan rancangan *Box-Behnken* (Liu et al., 2018).

Distilasi Uap

Distilasi uap merupakan salah satu dari beberapa metode yang umum digunakan untuk

ekstraksi minyak atsiri. Distilasi uap masih sejenis dengan metode hidrodistilasi, namun pada distilasi uap, sampel hanya dipanaskan dengan uap air sedangkan untuk hidrodistilasi dapat menggunakan air, uap air atau kombinasi antara keduanya untuk mendapatkan minyak atsiri. Teknik ekstraksi ini berlangsung dengan mendidihkan sampel pada uap air yang kemudian uap air berisi kandungan minyak atsiri dialirkan ke kondensor untuk diubah fasanya menjadi cairan. Cairan yang mengandung minyak atsiri selanjutnya akan dipompa untuk dilakukan penyimpanan. Metode distilasi uap memberikan kualitas produk yang baik, aromanya kuat, tidak berwarna, dan rendemennya lebih tinggi dibandingkan metode lainnya. Alur proses untuk distilasi uap dapat dilihat pada Gambar 3.

Proses pendidihan berlangsung kontinyu pada suhu yang diinginkan, dan sampel hanya berkontak dengan uap air, bukan pada media air. Hal ini memberikan keunggulan bahwa metode ekstraksinya sempurna dengan mengutamakan bahan baku tidak dilarutkan dalam media pendidihan air. Ekstraksi minyak atsiri dari 10 kg jahe merah (3x pengulangan) melalui metode distilasi uap mendapatkan *yield* sebesar 2-2,5 % selama 8-10 jam (Tritanti & Pranita, 2019). Senyawa yang terkandung di dalam sampel menjadi tidak terhidrolisis dan terpolimerisasi. Produk minyak atsiri mengalami proses penguapan secara sempurna dan terjaga komponen yang dimilikinya (Tritanti & Pranita, 2019).



Gambar 3. Proses ekstraksi melalui metode distilasi uap (Tongnuanchan & Benjakul, 2014)

Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG)

Metode ini dikenal sebagai metode hidrodifusi yang ramah lingkungan. Prinsip kerjanya adalah menggabungkan pemanasan gelombang mikro dan gravitasi bumi pada tekanan atmosferik (Bousbia et al., 2009). Penelitian terkait MHG telah dimanfaatkan dalam sebuah reaktor bertekanan tinggi yang dilengkapi gelombang mikro di dalam tanpa melibatkan peran pelarut dan air. Pemanasan di awal berhasil memecah sel-sel tanaman aromatik. Hal ini mengakibatkan pelepasan uap jenuh dari minyak atsiri untuk menuju keluaran. Metode ekstraksi melalui pemanfaatan gelombang mikro dan hidrodifusi melibatkan proses kimia dan fisika yang implementasinya berbeda dibandingkan metode ekstraksi konvensional.

MHG mulanya ditujukan hanya untuk mengekstraksi minyak atsiri. Namun, seiring kebutuhan di bidang kesehatan dan industri menjadikannya sebagai fokus antioksidan, pewarna, dan polifenol (Singh Chouhan et al., 2020). Metode ini juga mampu memulihkan fraksi yang dikandung. Langkah pertama menggunakan MHG untuk mengekstraksi minyak atsiri dan kemudian mengekstraksi senyawa lain seperti polifenol dari residu MHG (Singh Chouhan et al., 2020). Seperti yang diketahui bahwa senyawa polifenol berperan sebagai zat antioksidan dalam tubuh. Penerapan ekstraksi melalui metode MHG diketahui memiliki komposisi produk minyak atsiri yang tinggi dengan lebih singkatnya waktu keberlangsungan proses dan minim dampak terhadap lingkungan (Vian et al., 2008). Kinerja MHG dalam melangsungkan proses ekstraksi minyak atsiri bagi bahan baku menghasilkan *yield* sebesar 0,292% (720 W selama 35 menit). Capaian ini lebih tinggi dibandingkan penerapan metode hidrodistilasi yang berupa 0,259% selama 180 menit (Piaras et al., 2019).

Hydrodistillation Enzyme-assisted (HDEA)

Pemrosesan tanaman aromatik turut melibatkan bantuan enzim pada metode HDEA sebelum memasuki proses ekstraksi (Sowbhagya et al., 2009). memanfaatkan peran hidrodistilasi beserta biomolekul protein seperti konsepnya HDEA. Alur proses ini mampu meningkatkan efektivitas komponen bioaktif dari matriks tanaman. Enzim akan mengkatalisis dengan kekhasan sifat yang dimiliki setiap jenisnya. Kontribusi metode

HDEA juga dilakukan, dimana peran hidrodistilasi mengakibatkan enzim bekerja secara hidrolitik yang berinteraksi dengan dinding sel dan memecah struktur bagian di dalamnya (Boulila et al., 2015). Proses ini juga memberikan dampak pada kandungan polimernya yang kompleks (seperti: selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin) terlepas keluar dari tanaman aromatik.

Peningkatan kualitas diprioritaskan untuk ekstraksi minyak atsiri dari tanaman jahe merah melalui bantuan enzim (Nagendra Chari et al., 2013). Jenis rempah ini mendapatkan perlakuan dengan variasi jenis enzim, seperti amilase, viscozyme, selulase, protease, dan pektinase terhadap hasil rendemen minyak atsiri. Hasil temuan lainnya juga mengemukakan hal yang sama yaitu efektifnya metode HDEA untuk sampel tanaman bawang (Sowbhagya et al., 2009), dan daun salam (Boulila et al., 2015). Keberlanjutan peningkatan *yield* dan komponen penting di dalam tanaman aromatik terus digiatkan. Hasil minyak atsiri dari jahe mendapatkan komposisi kimia atas monoterpen yang teroksidasi dengan nilai tidak jauh berbeda baik melibatkan atau tidak adanya peran enzim sebesar 54,03 dan 52,45% secara berturut-turut (Reis et al., 2020). HDEA menjadi metode alternatif yang mengimplementasikan kombinasi antara distilasi melalui media air dan penggunaan enzim selama proses ekstraksi minyak atsiri (Chandran et al., 2012).

4. PENERAPAN MINYAK ATSIRI BAGI INDUSTRI KOSMETIK DAN FARMASI

Produk minyak atsiri dengan berbahan baku tanaman jahe berkontribusi pada aspek kesehatan maupun perawatan kecantikan. Dalam produk kesehatan, jahe dapat ditemukan dalam obat-obatan herbal dalam wujud cair, tablet, serta dalam minyak pijat. Hadirnya produk sabun, masker wajah, dan sejenisnya dengan kandungan minyak atsiri menjadi analisis bisnis baru yang menjanjikan. Kurangnya sentuhan untuk produk aromaterapi ataupun kosmetik menjadi peluang bagi kedua industri tersebut. Umumnya, industri lebih cenderung memproduksi produk turunan minyak atsiri yang aman dikonsumsi, seperti : lavender, chamomile, kenanga (*Cananga odorata*), kayu putih. Sebagai salah satu tanaman herbal aromatik, jahe menghasilkan minyak atsiri sekunder yang juga memiliki efek

sinergis dalam berbagai kegunaan dan keunggulan. Namun, meskipun memiliki banyak kelebihan, penggunaan minyak atsiri jahe baik dalam bidang medis maupun kecantikan masih terbatas (Tritanti & Pranita, 2019). Hal ini mungkin disebabkan oleh minat produsen dalam memilih bahan baku yang umum digunakan untuk produksi minyak atsiri. Umumnya, negara berkembang memilih pemanfaatannya sebagai produk lokal (Ulfa et al., 2022) skala rumah tangga, dan menjadi konsumsi harian (Sari et al., 2021) dengan teknologi tepat guna untuk meningkatkan ekonomi masyarakat setempat (Sari & Sukanta, 2020). Proses distilasinya menempuh langkah konvensional yang dapat diterapkan oleh UMKM.

5. KESIMPULAN

Pemanfaatan tanaman aromatik sebagai produk minyak atsiri dapat diawali oleh peninjauan komposisi yang dikandungnya untuk memilah metode ekstraksi sesuai kebutuhan. Teknik yang telah diterapkan beberapa peneliti adalah hidrodistilasi, ekstraksi *solvent-free microwave* (SFME), distilasi uap, gelombang mikro hidrodifusi dan gravitasi, serta hidrodistilasi dengan bantuan enzim. Ragam metode ini memiliki keunikan tersendiri untuk mengoptimalkan *yield* minyak atsiri yang terekstraksi. Upaya yang telah dilakukan beberapa peneliti memberikan implementasi bagi dunia industri dan farmasi bagi kebutuhan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Ahmad, B., Yusoff, Z. Bin, Fikri, A., Awang, B., Fifadli, A., Mohd, B., Rudin, N., Saiful, M., Bin, H., Zait, M., Hafizulfikry, M., Roslan, B., Zaki, M., Bin, I., & Zaid, M. (2009). Hydro-Distillation Process in Extracting of Agarwood Essential Oil. *Politeknik Kuching, Sarawak, October*, 203–211.
- Boulila, A., Hassen, I., Haouari, L., Mejri, F., Amor, I. Ben, Casabianca, H., & Hosni, K. (2015). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from bay leaves (*Laurus nobilis* L.). *Industrial Crops and Products*, 74(2015), 485–493.
- Bousbia, N., Vian, M. A., Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2009). A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 409–413.
- Calinescu, I., Asofiei, I., Gavrilă, A. I., Trifan, A., Ighigeanu, D., Martin, D., Matei, C., & Buleandra, M. (2017). Integrating microwave-assisted extraction of essential oils and polyphenols from rosemary and thyme leaves. *Chemical Engineering Communications*, 204(8), 965–973.
- Chandran, J., Amma, K. P. P., Menon, N., Purushothaman, J., & Nisha, P. (2012). Effect of enzyme assisted extraction on quality and yield of volatile oil from black pepper and cardamom. *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1611–1617.
- Drinić, Z., Pljevljakušić, D., Živković, J., Bigović, D., & Šavikin, K. (2020). Microwave-assisted extraction of *O. vulgare* L. spp. Hirtum essential oil: Comparison with conventional hydro-distillation. *Food and Bioprocess Processing*, 120(2006), 158–165.
- Filly, A., Fernandez, X., Minuti, M., Visinoni, F., Cravotto, G., & Chemat, F. (2014). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: From laboratory to pilot and industrial scale. *Food Chemistry*, 150, 193–198.
- Golmohammadi, M., Borghei, A., Zenouzi, A., Ashrafi, N., & Taherzadeh, M. J. (2018). Optimization of essential oil extraction from orange peels using steam explosion. *Heliyon*, 4(11).
- Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., Retnowati, D. S., Haryani, K., Yustika, S., & Fajar, T. A. (2021). Extraction of essential oil from ultrasound pre-treated citronella grass (*cymbopogon nardus*) leaves by hydrodistillation method. *Chemical Engineering Transactions*, 87(January), 643–648.
- Liu, Z., Deng, B., Li, S., & Zou, Z. (2018). Optimization of solvent-free microwave assisted extraction of essential oil from *Cinnamomum camphora* leaves. *Industrial Crops and Products*, 124(March), 353–362.
- Nagendra Chari, K. L., Manasa, D., Srinivas, P., & Sowbhagya, H. B. (2013). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food Chemistry*, 139(1–4), 509–514.

- Ni, Z. J., Wang, X., Shen, Y., Thakur, K., Han, J., Zhang, J. G., Hu, F., & Wei, Z. J. (2021). Recent updates on the chemistry, bioactivities, mode of action, and industrial applications of plant essential oils. *Trends in Food Science and Technology*, 110(January), 78–89.
- Okoh, O. O., Sadimenko, A. P., & Afolayan, A. J. (2010). Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods. *Food Chemistry*, 120(1), 308–312.
- Phat, D., Quyen, N., Minh, P., & Huyen, L. (2020). Modeling the kinetics of essential oil hydrodistillation from Vietnamese ginger (*Zingiber officinale*). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(012108), 1–7.
- Piaras, L., Holasut, K., & Kwakhong, P. (2019). Comparative of chemical composition and energy of *Zingiber officinale* Rosc. Essential oil using conventional and microwave hydro diffusion-gravity methods. *Ladkrabang Engineering Journal*, 36(3–4), 1–8.
- Reis, N. dos S., Santana, N. B. de, Tavares, I. M. de C., Lessa, O. A., Santos, L. R. dos, Pereira, N. E., Soares, G. A., Oliveira, R. A., Oliveira, J. R., & Franco, M. (2020). Enzyme extraction by lab-scale hydrodistillation of ginger essential oil (*Zingiber officinale* Roscoe): Chromatographic and micromorphological analyses. *Industrial Crops and Products*, 146(112210), 1–7.
- Rusli, M. S. (2012). Efforts and challenges for sustainable essential oil production in Indonesia. *Essential Asia*, November, 161–169.
- Sari, D. A., & Sukanta, S. (2020). Pendampingan peningkatan ekonomi warga kabupaten karawang melalui budidaya tanaman jahe merah. *Prosiding Seminar Nasional Rekarta 2020*, 91–97.
- Sari, D. A., Sukanta, S., Wagiono, W., & Irawan, A. (2021). Peningkatan produksi bubuk jahe merah melalui introduksi sistem penghalusan. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(2), 615–623.
- Singh Chouhan, K. B., Tandey, R., Sen, K. K., Mehta, R., & Mandal, V. (2020). Microwave hydrodiffusion and gravity model with a blend of high and low power microwave firing for improved yield of phenolics and flavonoids from oyster mushroom. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 17(July), 100311.
- Sowbhagya, H. B., Purnima, K. T., Florence, S. P., Appu Rao, A. G., & Srinivas, P. (2009). Evaluation of enzyme-assisted extraction on quality of garlic volatile oil. *Food Chemistry*, 113(4), 1234–1238.
- Supu, R. D., Diantini, A., & Levita, J. (2019). Red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*): Its chemical constituents, pharmacological activities and safety. *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 8(1), 23–29.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), 1231–1249. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Tritanti, A., & Pranita, I. (2019). The making of red ginger (*zingiber officinale* rovb. Var. *Rubra*) natural essential oil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1273(1).
- Ulfa, V. S., Fardiansyah, M. I., Firdaus, M. A., & Sari, D. A. (2022). Peran transformasi kemasan pada produk bubuk jahe merah (botol ke standing pouch). *Jurnal Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 1–7.
- Vian, M. A., Fernandez, X., Visinoni, F., & Chemat, F. (2008). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1190(1–2), 14–17.