

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI LENGKUAS MERAH (*ALPINIA PURPURATA*) BERBANTUKAN GELOMBANG MIKRO: PENGARUH PERBANDINGAN BAHAN DAN PELARUT

Arief Adhiksana*, Agnesia Pulung Linthin, Wahyudi, Ibnu Eka Rahayu, Mardhiyah Nadir, Muh. Irwan, Ramli Thahir

Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jalan Dr. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang 75131, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia
Penulis Korespondensi: adhiksana@polnes.ac.id

Abstrak

Minyak atsiri merupakan hasil ekstraksi alami tumbuhan yang dapat berasal dari berbagai bagian-bagian tumbuhan. Salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yaitu lengkuas merah. Lengkuas merah mengandung minyak atsiri yang terkandung dalam rimpang atau akarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio bahan dengan pelarut air terhadap hasil rendemen minyak atsiri lengkuas merah dengan menggunakan metode ekstraksi microwave assisted extraction (MAE). Metode MAE memiliki kelebihan dibandingkan konvensional dalam mempercepat proses dan meningkatkan rendemen. Proses ekstraksi menggunakan 100 gram rimpang lengkuas merah kering yang ditambahkan pelarut air dengan variasi rasio bahan dengan pelarut 1:6, 1:7, 1:8, 1:9 dan 1:10 lalu diekstraksi selama 1 jam dengan daya microwave sebesar 180 Watt. Hasil ekstraksi minyak atsiri yang diperoleh dianalisa rendemen, berat jenis dan indeks biasnya. Hasil terbaik diperoleh pada variasi rasio bahan dengan pelarut air 1:9 yaitu rendemen minyak atsiri sebesar 0,3201%, berat jenis sebesar 0,9289 g/mL dan indeks bias sebesar 1,525. Hasil analisa GC-MS menunjukkan 15 senyawa kimia yang terkandung dalam minyak atsiri lengkuas merah dengan senyawa dominan antara lain metilcinnamate (68,13%), beta-granial (7,79%) dan eucalyptol (5,44%).

Kata kunci: ekstraksi; lengkuas merah; mae; minyak atsiri

EXTRACTION OF RED GALANGAL (*ALPINIA PURPURATA*) ESSENTIAL OIL USING MICROWAVE : EFFECT OF SOLID TO SOLVENT RATIO

Abstract

Essential oils are the result of natural extraction of plants which can come from various parts of the plant. One of the essential oil-producing plants is red galangal. Red galangal contains essential oils in its rhizomes or roots. This study aims to determine the effect of the solid to solvent ratio on the yield of red galangal essential oil using the microwave assisted extraction (MAE) method. The extraction process used 100 grams of dried red galangal rhizome which was added with water as a solvent with various solid to solvent ratios 1:6, 1:7, 1:8, 1:9 and 1:10 and then extracted for 1 hour with maximum power microwave of 180 Watts. The results of essential oil extraction obtained were analyzed for yield, specific gravity and refractive index. The best results were obtained for variations in the ratio of material to water solvent 1:9, namely the yield of essential oil of 0.3201%, the specific gravity of 0.9289 g/mL and the refractive index of 1.525. The results of the GC-MS analysis showed 15 chemical compounds contained in red galangal essential oil with the dominant compounds including metilcinnamate (68,13%), beta-granial(7,79%) and eucalyptol(5,44%).

Key words: extraction; red galangal; mae; essential oil

PENDAHULUAN

Minyak atsiri atau essensial oil adalah hasil ekstraksi alami dari tumbuhan yang dapat dihasilkan dari biji, kayu, daun, bunga ataupun putiknya. Minyak

atsiri tidak termasuk dalam zat kimia murni, namun mengandung zat-zat yang berbeda dari sifat kimia maupun fisika. Minyak atsiri bersifat mudah menguap atau bersifat volatil, berbau harum sesuai tanaman penghasilnya, berasa pahit agak pedas, tidak dapat

terlarut dalam air namun terlarut dalam pelarut organik (Pratama, 2012). Ekstrak minyak atsiri banyak dimanfaatkan untuk pembuatan parfum, aromaterapi, perasa dan lain-lain.

Indonesia merupakan negara yang paling banyak memiliki keanekaragaman hayati termasuk berbagai jenis tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang masih perlu dikembangkan adalah tanaman lengkuas. Tanaman lengkuas dibedakan menjadi dua yang dikenal dengan lengkuas merah dan lengkuas putih. Pemanfaatan lengkuas merah cenderung untuk obat tradisional, sementara lengkuas putih kerap dijadikan bumbu olahan makanan (Sukardi et al., 2021). Bagian tanaman lengkuas merah yang lebih banyak digunakan yaitu bagian rimpangnya. Berdasarkan kandungan zat kimia yang terdapat dalam rimpangnya, tanaman lengkuas merah memiliki potensi kandungan minyak atsiri yang warnanya kuning kehijauan (Tambun et al., 2016).

Pemanfaatan potensi minyak atsiri dari rimpang lengkuas merah selama ini masih menggunakan metode konvensional seperti destilasi atau penyulingan. Penggunaan metode konvensional ini memiliki beberapa kekurangan dalam prosesnya. Menurut (Erliyanti dkk., 2020) metode ekstraksi konvensional menghasilkan rendemen produk yang rendah, kualitas produk yang rendah, dan waktu proses ekstraksi yang lama serta energi yang cukup banyak. Karena itu perlu dikembangkan metode ekstraksi yang lebih baik, baik dari sisi jumlah rendemen yang didapat maupun waktu proses yang lebih singkat. Salah satu metode terkini yang sedang berkembang dan akan menjadi invensi utama dalam penelitian ini adalah *microwave assisted extraction* (MAE).

Microwave assisted extraction (MAE) dipahami sebagai metode untuk mengekstraksi berbantuan gelombang mikro yang didasarkan pada kemampuan gelombang mikro membangkitkan panas secara volumetri langsung pada matriks atau sample (Gomez et al., 2020). Tahapan mekanisme ekstraksi pada metode MAE melalui empat tahapan proses, pertama yaitu peningkatan suhu dan tekanan yang menyebabkan pemisahan zat terlarut aktif dari sampel. Tahapan kedua, zat terlarut dilepaskan ke pelarut dari sampel dan tahapan terakhir yaitu zat terlarut aktif pada sampel terlarut ke dalam pelarut yang digunakan pada proses ekstraksi (Alupului et al., 2012). Metode MAE dapat dijadikan salah satu alternatif dalam melakukan ekstraksi serta pengembangannya yang berkelanjutan dibanding dengan metode konvensional. Penggunaan *microwave* memiliki keuntungan yaitu kemurnian hasil produksi minyak atsiri yang tinggi, berkurangnya penggunaan pelarut dan waktu yang dibutuhkan untuk ekstraksi. (Ferhat et al., 2006). MAE ini juga lebih efektif karena penggunaan pelarut

organik yang lebih sedikit dan juga sudah dianggap sebagai teknologi hijau (Rehman et al., 2020).

Penelitian terdahulu mengenai metode mengekstraksi minyak atsiri dengan *microwave assisted extraction* (MAE) telah banyak ditemukan. Penelitian yang dilakukan (Muyassaroh, 2021) menggunakan metode MAE untuk mengekstrak jahe merah dengan memvariasikan perlakuan pada bahan baku (proses pengeringan) serta daya *microwave* yang digunakan. Hasil penelitian optimum didapatkan dalam perlakuan bahan menggunakan proses pengeringan yang tidak menggunakan sinar matahari dan daya *microwave* yaitu 300 watt didapatkan rendemen minyak sebesar 2,01%. Penelitian lain dengan menggunakan metode MAE juga telah dilakukan oleh (Adhiksana and Kusyanto, 2015) dengan memvariasikan jumlah pelarut ketika mengekstrak minyak kayu cengekeh. Hasil terbaik diperoleh bahwa volume pelarut memiliki pengaruh terhadap jumlah rendemen dengan hasil terbaik diperoleh pada volume pelarut 500 ml sebesar 3,88%. (Hangkaya et al., 2020) juga telah menggunakan metode MAE pada ekstraksi daun jambu merah dengan memvariasikan rasio pelarut dengan bahan. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada rasio 7:1 dengan rendemen sebesar 1,2357%.

Penelitian ini memvariasikan rasio bahan dengan pelarut air dengan menggunakan metode *microwave assisted extraction* (MAE) seperti halnya dalam penelitian (Muyassaroh, 2021) namun dengan bahan yang berbeda yaitu rimpang lengkuas merah. Tujuan penelitian ini untuk dapat melihat pengaruh rasio bahan dan pelarut terhadap rendemen hasil ekstraksi minyak atsiri berasal dari rimpang lengkuas merah menggunakan metode *microwave assisted extraction* (MAE). Pemilihan metode MAE akan memberikan hasil rendemen lebih baik jika dibandingkan dengan metode konvensional karena kemampuan pembangkitan panas yang langsung ke bahan atau sampel. Manfaat dari penelitian ini adalah meningkatkan dan mendapatkan kualitas rendemen minyak atsiri dari rimpang lengkuas merah yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku pada penelitian ini yaitu rimpang lengkuas merah telah dipotong dengan ketebalan 1-2 mm dan diameter 1-2 cm. pelarut yang digunakan adalah pelarut jenis polar agar dapat terpengaruh oleh gelombang mikro yaitu aquadest.

Alat

Alat utama pada penelitian ini yaitu oven *microwave* merk sharp Adapun alat penunjang lainnya meliputi kondensor, timbangan analisis, corong kaca, gelas ukur, labu alas bulat, corong pisah, *baker glass*, dan pisau.

Prosedur

Preparasi Sampel

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pembersihan rimpang lengkuas merah kemudian dilanjutkan pemotongan rimpang dengan ketebalan 1-2 mm dan tebal 1-2 cm. Rimpang lengkuas merah yang telah dipotong, selanjutnya dilakukan proses pengeringan selama 3 hari dengan cara diangin-anginkan.

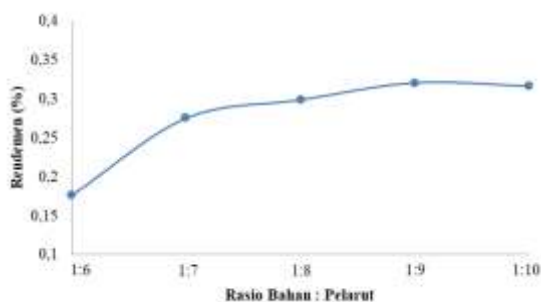
Ekstraksi Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Rimpang lengkuas merah yang telah dikeringkan kemudian ditimbang sejumlah 100 gram ditempatkan pada labu alas bulat dan ditambahkan aquadest sesuai rasio bahan dan pelarut yang telah ditentukan yaitu : 1:6; 1:7; 1:8; 1:9; serta 1:10. Setelahnya rimpang lengkuas merah diekstraksi menggunakan *microwave* selama 1 jam dengan daya sebesar 180 watt, kemudian dilakukan pemisahan antara minyak atsiri dan air yang diperoleh dengan corong pisah untuk selanjutnya dianalisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Rendemen minyak atsiri lengkuas merah merupakan perbandingan berat minyak hasil ekstraksi rimpang lengkuas merah dengan berat awal bahan sebelum diekstraksi. Banyaknya bahan dan jumlah pelarut biasa disebut dengan rasio bahan baku dengan pelarut. Rasio bahan dengan pelarut air dapat berpengaruh pada hasil rendemen minyak atsiri lengkuas merah menggunakan metode *microwave assisted extraction* terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Rasio Bahan Dengan Pelarut Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa rendemen minyak atsiri lengkuas merah yang diperoleh memiliki kecenderungan peningkatan seiring dengan bertambahnya rasio bahan dengan pelarut. Rendemen minyak atsiri lengkuas merah dengan hasil tertinggi yaitu dengan rasio bahan dan pelarut 1:9 sebesar 0,3201%. Peningkatan rendemen dipengaruhi oleh luas kontak antara pelarut dengan lengkuas merah. Menurut (Adhiksana, 2015) dan

(Jayanudin dkk., 2014) jumlah penggunaan pelarut dapat berpengaruh pada luas kontak antara padatan dan pelarutnya, pelarut yang jumlahnya semakin banyak membuat semakin besar luas kontakannya. Akibatnya, kemampuan pelarut untuk berdistribusi ke dalam padatan menjadi semakin besar yang membuat minyak atsiri yang terekstrak lebih banyak. Akan tetapi pada Gambar 2. terlihat bahwa peningkatan rasio bahan dengan pelarut air lebih lanjut tidak dapat menambah lebih banyak rendemen minyak atsiri lengkuas merah. Pada kondisi tersebut menandakan bahwa minyak atsiri pada rimpang lengkuas merah yang dapat diekstraksi sudah maksimal. Hal ini memberikan indikasi kondisi optimum ekstraksi minyak atsiri lengkuas merah dilihat dari rasio bahan dan pelarut 1:9. Jumlah penggunaan pelarut apabila semakin banyak, belum tentu menambah rendemen minyak dikarenakan adanya kesetimbangan yang terjadi antara padatan cair yang sebelumnya telah dicapai. Fenomena ini juga di temukan oleh Noviyanty dalam penelitiannya dengan bahan kulit buah naga (Noviyanty dkk., 2019).

Pada penelitian lain yang menggunakan metode konvensional (sukardi dkk, 2021) memperoleh rendemen 0,076%. Rendemen tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan metode MAE yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini menunjukkan perubahan metode dari konvensional ke MAE dapat meningkatkan rendemen.

Berat Jenis Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Berat jenis menjadi salah satu karakteristik penting dalam kualitas minyak atsiri. Berat jenis yang dihasilkan dari proses ekstraksi minyak atsiri harus masuk dalam range yang telah di tentukan oleh badan standard atau rujukan lainnya. Hasil dari berat jenis minyak atsiri lengkuas merah yang telah diukur pada penelitian ini terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Berat Jenis Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Variasi Rasio Bahan : Pelarut (gram/mL)	Berat Jenis (gram/mL)
1:6	0,9063
1:7	0,9123
1:8	0,9195
1:9	0,9289
1:10	0,9215

Berdasarkan Tabel 1 Hasil Pengukuran Berat Jenis Minyak Atsiri Dari Lengkuas Merah, terlihat bahwa nilai berat jenis yang diperoleh mengalami peningkatan seiring dengan penambahan rasio bahan dengan pelarut air yang digunakan. Hal ini dikarenakan adanya kontribusi pelarut air yang memiliki berat jenis 1 gram/mL pada suhu ambient. Range nilai berat jenis hasil minyak atsiri lengkuas

merah tidak memiliki perbedaan yang jauh dari nilai berat jenis minyak atsiri lengkuas merah pada penelitian Sukardi dkk., (2021) yaitu sekitar 0,8662 – 0,9867 g/mL. Nilai berat jenis minyak atsiri yang diperoleh berhubungan dengan kandungan komponen utama ataupun komposisi penyusun minyak atsiri lengkuas merah. (Benedicta dkk., 2016).

Indeks Bias Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Indeks bias adalah hasil banding dari cepatnya cahaya suatu zat cair dengan cepatnya cahaya ketika di udara. Hasil pengukuran indeks bias minyak atsiri lengkuas merah terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Indeks Bias Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Variasi Rasio Bahan : Pelarut (gram/mL)	Indeks Bias
1:6	1,519
1:7	1,521
1:8	1,523
1:9	1,525
1:10	1,524

Penelitian ini memperoleh nilai indeks bias minyak atsiri lengkuas merah yang lebih tinggi dibanding dari Ermiati dkk., (2004) dan Sukardi dkk., (2021) dalam penelitiannya yaitu berkisar antara 1,3582-1,4928 namun dengan rentang perbedaan yang tidak terlalu signifikan. sebagaimana nilai berat jenis, beragamnya komponen penyusun minyak atsiri dapat menyebabkan hasil nilai indeks bias menjadi tinggi (Ermiati dkk., 2004). Kandungan air juga dapat mempengaruhi nilai indeks bias, banyaknya air yang terkandung dalam minyak atsiri akan membuat nilai indeks bias menjadi semakin kecil. Kondisi yang demikian dapat terjadi dikarenakan air mempunyai sifat pembiasan terhadap kedatangan cahaya (Swasono, 2016).

Kandungan Komponen Kimia Minyak Atsiri Lengkuas Merah

Kandungan komponen minyak atsiri lengkuas merah dianalisa menggunakan alat *Gass Cromatografy-Mass Spektrofotometer* (GC-MS). Berdasarkan analisa GC-MS menunjukkan 15 senyawa kimia yang terdapat dalam minyak atsiri lengkuas merah dan terlihat di Tabel 3. Hasil analisa menunjukkan 3 senyawa domain yaitu *metil cinnamate* (68,13%), *beta granial* (7,79%) dan *eucalyptol* (5,44%). Menurut (Lestari dkk, 2021) minyak atsiri lengkuas merah mengandung *methyl-cinamate*, *sineol*, *eugenol*, *kamper* dan alpin galangin. Penelitian yang dilakukan (Sukardi dkk, 2021) menunjukkan minyak atsiri mengandung senyawa 1,8-*cinole*, *beta pinen*, *alpha pinen*, *phenol*. Perbedaan komponen kimia yang dihasilkan ini dapat dipengaruhi oleh proses persiapan bahan baku

maupun proses ekstraksi minyak atsiri yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan gelombang mikro sebagai salah satu bentuk inovasi untuk meningkatkan rendemen yang diinginkan.

Tabel 3. Hasil Analisa GC-MS

No.	Nama	Formula	Komposisi (%)
1.	Metil cinnamate	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	68,13
2.	Beta granial	C ₁₀ H ₁₆ O	7,79
3.	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	5,44
4.	Propanetriol; triacetin	C ₉ H ₁₄ O ₆	4,61
5.	Neral (beta citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	3,89
6.	Alpha-pinene	C ₁₀ H ₁₆	2,89
7.	Beta-pinene	C ₁₀ H ₁₆	2,23
8.	Nerylacetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1,37
9.	Alpha Terpeneol	C ₁₀ H ₁₈ O	1,01
10.	Fenchone	C ₁₀ H ₁₆ O	0,83
11.	Limonene	C ₁₀ H ₁₈ O	0,55
12.	O-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	0,45
13.	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0,40
14.	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	0,20
15.	Naphtalene	C ₁₅ H ₂₄	0,19

SIMPULAN

Rasio bahan dengan pelarut air pada ekstraksi minyak atsiri lengkuas merah memiliki pengaruh terhadap hasil rendemen minyak atsiri yang diperoleh. Hasil optimum didapatkan pada rasio bahan dengan pelarut 1:9 didapatkan rendemen sebesar 0,3201% yang karakteristiknya yaitu berat jenis sebesar 0,9289 g/mL dan indeks bias sejumlah 1,525. Pemilihan metoda MAE juga terbukti dapat meningkatkan rendemen dibandingkan konvensional. Hasil analisa GC-MS menunjukkan 15 senyawa kimia yang terdapat dalam minyak atsiri lengkuas merah dengan senyawa dominan antara lain *metil cinnamate* (68,13%), *beta granial* (7,79%) dan *eucalyptol* (5,44%).

DAFTAR PUSTAKA

Adhiksana, A., Kusyanto, 2015. Pengaruh Jumlah Pelarut Pada Proses Ekstraksi Minyak Kayu Cengkeh Menggunakan Microwave. *Journal of Research and Technology* 1, 30–34.
 Adhiksana, A., Politeknik Negeri Samarinda, K., 2015. PENGARUH JUMLAH PELARUT PADA PROSES EKSTRAKSI MINYAK KAYU CENGKEH MENGGUNAKAN

Arief Adhiksana, Agnesia Pulung Linthin, Wahyudi, Ibnu Eka Rahayu, Mardhiyah Nadir, Muh. Irwan, Ramli Thahir: Ekstraksi minyak atsiri lengkuas merah (*alpinia purpurata*) berbantuan gelombang mikro: pengaruh perbandingan bahan dan pelarut

- MICROWAVE. *Journal of Research and Technology* 1.
- Alupului, A., Călinescu, I., Lavric, V., 2012. Microwave Extraction of Active Principles. *U.P.B. Sci. Bull., Series B* 74, 129–142.
- Benedicta, N., Zain, S., Nurjanah, S., Widyasant, A., Putri, S., 2016. Pengaruh Rasio Bunga Dengan Pelarut Terhadap Rendemen Dan Mutu Minyak Melati (*Jasminum Sambac*) Menggunakan Metode Ekstraksi Pelarut Menguap (Solvent Extraction). *Jurnal Teknotan* 10, 44–50.
- Erliyanti, N.K., Saputro, E.A., Yogaswara, R.R., Rosyidah, E., 2020. Aplikasi Metode Microwave Hydrodistillation pada Ekstraksi Minyak Atsiri dari Bunga Kamboja (*Plumeria alba*). *Jurnal IPTEK* 24, 37–44.
- Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., Smadja, J., Chemat, F., 2006. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *J Chromatogr A* 1112, 121–126.
- Gomez, L., Tiwari, B., Garcia-Vaquero, M., 2020. Emerging extraction techniques: Microwave-assisted extraction, Sustainable Seaweed Technologies. Elsevier Inc.
- Hangkaya, F.L., Jariyah, Djajati, S., Priyanto, A.D., 2020. Effects of Solvent to Feed Ratio and Microwave Power on Extraction of Essential Oil from Red Guava Leaves (*Psidium guajava* l.) Using Microwave Hydro Distillation Method. *International Journal of Eco-Innovation in Science and Engineering* 1, 42–47.
- Jayanudin, Lestari, A.Z., Nurbayanti, F., 2014. Pengaruh Suhu Dan Rasio Pelarut Ekstraksi Terhadap Rendemen dan Viskositas Natrium Alginat Dari Rumput Laut Cokelat (*Sargassum* sp). *Jurnal Integrasi Proses* 5, 53.
- Lestari, D., Wardoyo, E.R.P., Linda, R., 2021. Aktivitas ekstrak metanol rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) terhadap pertumbuhan jamur *Malassezia furfur*. *Jurnal Protobiont* 10, 74–80.
- Muyassaroh, 2021. Proses Microwave Assisted Extraction (Mae) Rimpang Jahe Merah Dengan Variasi Perlakuan Bahan Dan Daya Operasi. *jurnal ATMOSPHERE* 2, 33–38.
- Noviyanty, A., Salingkat, C.A., Syamsiar, 2019. Pengaruh Rasio Pelarut Terhadap Ekstraksi Dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Riset Kimia* 5, 280–289.
- Pratama, I.B., 2012. Metode Pengambilan Minyak Atsiri Dalam Rimpang Kencur (*Kaempferia galanga* L.) Menggunakan Ekstraksi Gelombang Mikro.
- Rehman, M.U., Abdullah, Khan, F., Niaz, K., 2020. Introduction to natural products analysis, Recent Advances in Natural Products Analysis. Elsevier Inc.
- Sukardi, Setyawan, H.Y., Pulungan, M.H., Ariy, I.T., 2021. Ekstraksi minyak atsiri rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata*, K.Schum.) metode destilasi uap dan air. *Teknologi Pangan : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian* 13, 19–28.
- Swasono, Muh.A.H., 2016. Modul teknologi minyak atsiri.
- Tambun, R., Limbong, H.P., Pinem, C., Manurung, E., 2016. Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu Dan Suhu Pada Ekstraksi Fenol Dari Lengkuas Merah. *Jurnal Teknik Kimia USU* 5, 53–56.