

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 10, No. 1, April 2022



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



DAFTAR ISI

Technical Paper

1

Limbah Padat Kelapa Sawit sebagai Alternatif Energi Pembangkit Listrik di Barat Selatan Aceh
Palm Oil Solid Waste as an Alternative Energy Source of Electricity generation in The Southwest of Aceh
Agustiar, Tajuddin Bantacut, Bambang Pramudya

11

Pengaruh Proses Torefaksi terhadap Kualitas Serbuk Kayu
The Torrefaction Effect on The Sawdust Quality
Ismail, Erlanda Augupta Pane, I Gede Eka Lesmana, Rovida Camalia Hartantrie, Deni Rifki.

21

Penerapan Metode Ekstraksi Microwave Untuk Meningkatkan Rendemen dan Mutu Oleoresin Lada Putih (*Piper nigrum L*)
*Application of Microwave-Assisted Extraction Method to Improve Yield and Quality of White Pepper (*Piper nigrum L*) Oleoresin.*
Annisa Purnamasari Damanik, Edy Hartulistiyoso*, Rokhani Hasbullah.

29

Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film K-karagenan
The Effect of Heating Time, Type and Plasticizer Concentration on Characteristics of Edible Film K-carrageenan
Desi Juliani*, Nugraha Edhi Suyatma, Fahim Muchammad Taqi.

41

Pemanfaatan Water Power Generator di Saluran Irigasi Tersier untuk Penanganan Hama Padi
Utilization of Water Power Generator in The Tertiary Irrigation Canal for Paddy's Pest Handling
Lilis Dwi Saputri, Elsa Wulandari, Febri Nur Azra, Afik Hardanto*.

49

Sistem Monitoring dan Kontrol Iklim Mikro pada Plant Factory Berbasis Internet of Things
Microclimate Monitoring and Control System in a Plant Factory Using the Internet of Things
Ardiansyah*, Ikhsan Nur Rahmaan, Eni Sumarni, Afik Hardanto.

59

Portable/Handheld NIR sebagai Teknologi Evaluasi Mutu Bahan Pertanian secara Non-Destruktif
Portable/Handheld NIR as a Non-Destructive Technology for Quality Evaluation of Agricultural Materials
Widyaningrum*, Y Aris Purwanto, Slamet Widodo, Supijatno, Evi Savitri Iriani.

69

Detection of Chilling Injury Symptoms of Salak Pondoh Fruit during Cold Storage with Near Infrared Spectroscopy (NIRS)
Sutrisno Suro Mardjan* and Jerry Indriantoro.

77

Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Program Qual2Kw
Determination of Total Pollution Load Capacity at the Bedadung River, Jember Regency Using Qual2Kw Program
Elida Novita, Rodzika Diah Mauvi, Hendra Andianata Pradana*.

85

Analisis Orifice pada Reaktor Biodiesel Sistem Kavitasi Hidrodinamik dengan Computational Fluid Dynamics
Orifice Analysis in Biodiesel Reactor with Hydrodynamic Cavitation System using Computational Fluid Dynamics
Yayan Heryana*, Dyah Wulandani, Supriyanto.

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor d/a Jurnal Keteknik Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)
I Dewa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)
Administrasi : Khania Tria Tifani (IPB University)

Penerbit: Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor bekerjasama dengan Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA).

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@apps.ipb.ac.id
Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah naskah pada penerbitan Vol. 10, No. 1 April 2022. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Eng. Obie Farobie, S.Si, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Lilis Sucahyo, S.TP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr.Agr.Sc., Diding Suhandy, S.TP., M.Agr (Universitas Negeri Lampung), Yusuf Hendrawan, STP, M.App.Life Sc., PhD (Universitas Brawijaya), Dr.Ir. I Ketut Budaraga, M.Si (Universitas Ekasakti), Ir. Sri Endah Agustina, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Asri Widyasanti, S.TP., M.Eng (Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Christina Winarti, MA (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr. Supriyanto, S.TP, M.Kom (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Bayu Dwi Apri Nugroho, S.T.P., M.Agr., Ph.D (Universitas Gadjah Mada), Ansita Gupitakingkin Pradipta, ST, M.Eng (Universitas Gadjah Mada), Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si (Universitas Andalas), Dr.Ir. Lady Lengkey, M.Si (Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Prof.Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University).

Technical Paper

Penerapan Metode Ekstraksi *Microwave* Untuk Meningkatkan Rendemen dan Mutu Oleoresin Lada Putih (*Piper nigrum L*)

*Application of Microwave-Assisted Extraction Method to Improve Yield and Quality of White Pepper (*Piper Nigrum L*) Oleoresin.*

Annisa Purnamasari Damanik, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Indonesia,
Edy Hartulistiyoso*, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Indonesia
E-mail: edyhartulistiyoso@apps.ipb.ac.id
Rokhani Hasbullah, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Indonesia,

Abstract

Oleoresin extraction is generally carried out by conventional maceration method, which takes up to 7 hours. Microwave-assisted maceration extraction method has the potential to reduce extraction time and solvent consumption. This study aims to examine the effect of applying the microwave-assisted extraction method on the yield and quality of oleoresin. The material used in this study was white pepper. Microwave maceration extraction as the main treatment was carried out by dissolving 200 grams of white pepper powder (60 mesh) with 800 mL ethanol (1:4), at a power of 100 watts, a maximum temperature of 50°C, with 4 extraction times (30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes). Extraction by conventional maceration (7 hours) was performed as a comparison. The test data based on a completely randomized design (CRD) with three replications were analyzed with oneway variance ANOVA (Analysis of Variance). The results showed that the microwave maceration extraction method produced a higher yield than the conventional maceration method (8.61%). However, the average yield of extraction using microwave maceration was not significantly different, so 30 minutes of microwave maceration was considered to produce optimal yield (8.76%). The quality of white pepper oleoresin extracted by microwave maceration is different from conventional maceration in terms of the type and amount of oleoresin components. It can be concluded that the microwave maceration extraction method can shorten the extraction time from 420 minutes to 30 minutes with oleoresin yields that are not significantly different. The microwave maceration method also produces better chemical quality than conventional maceration and produces physical qualities (color and refractive index) that are not different from conventional maceration.

Keywords: *extraction, oleoresin, microwave, white pepper, yield*

Abstrak

Ekstraksi oleoresin pada umumnya dilakukan dengan metode maserasi konvensional yang memerlukan waktu hingga tujuh jam. Metode ekstraksi maserasi dengan bantuan *microwave* berpotensi mengurangi waktu ekstraksi dan konsumsi pelarut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penerapan metode ekstraksi dengan bantuan *microwave* terhadap rendemen dan kualitas oleoresin. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lada putih. Ekstraksi maserasi *microwave* sebagai perlakuan utama dilakukan dengan melarutkan 200 gram bubuk lada putih (60 mesh) dengan etanol 800 mL (perbandingan 1:4), pada daya 100 watt, suhu maksimum 50°C, dengan perlakuan 4 waktu ekstraksi (30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit). Ekstraksi dengan maserasi konvensional (7 jam) dilakukan sebagai pembandingan. Data hasil uji berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tiga kali ulangan dianalisis dengan sidik ragam *one way ANOVA (Analysis of Varians)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ekstraksi maserasi *microwave* menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode maserasi konvensional (8.61%). Meskipun demikian rata-rata rendemen hasil ekstraksi dengan maserasi *microwave* tersebut tidak berbeda nyata, sehingga 30 menit maserasi *microwave* dinilai menghasilkan rendemen yang optimal (8.76%). Kualitas oleoresin lada putih hasil ekstraksi maserasi *microwave* berbeda dengan maserasi konvensional dalam hal jenis dan jumlah komponen oleoresin. Dapat disimpulkan bahwa metode ekstraksi maserasi *microwave* dapat mempersingkat waktu ekstraksi dari 420 menit menjadi 30 menit dengan rendemen oleoresin yang tidak berbeda nyata. Metode maserasi *microwave* juga menghasilkan mutu kimia lebih baik dibandingkan maserasi konvensional serta menghasilkan mutu fisik (warna dan indeks bias) yang tidak berbeda dengan maserasi konvensional.

Kata kunci: ekstraksi, lada putih, *microwave*, oleoresin, rendemen

Diterima: 20 Agustus 2021; Disetujui: 31 Maret 2022

Pendahuluan

Sejak zaman dahulu Indonesia sudah dikenal sebagai produsen lada utama dunia. Volume ekspor lada Indonesia pada tahun 2015 sebesar 58,075 ton dan turun pada tahun 2016 menjadi 53,100 ton. Tahun 2017 ekspor lada Indonesia masih mengalami penurunan menjadi 42,691 ton; di tahun 2018 mengalami peningkatan tidak terlalu tinggi menjadi 47,616 ton, dan meningkat kembali di tahun 2019 menjadi 51,771 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020). Produk lada yang dikenal dipasar internasional diantaranya adalah lada hijau, lada hitam, dan lada putih. Indonesia dikenal sebagai produsen lada hitam (*lampung black pepper*) yang dihasilkan di Lampung dan lada putih (*muntok white pepper*) yang dihasilkan di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Kementan, 2015). Kedua Jenis lada tersebut menjadi standar perdagangan lada dunia. Meskipun demikian penanganan pasca panen lada hitam dan lada putih ditingkat petani masih dilakukan dengan tradisional secara turun temurun menggunakan alat-alat sederhana yang mengakibatkan produk lada yang dihasilkan terkontaminasi dan memiliki mutu yang kurang baik.

Selain diperdagangkan dalam bentuk utuh, lada juga diproses menjadi berbagai produk, antara lain minyak lada, lada bubuk dan oleoresin. Oleoresin merupakan hasil ekstraksi yang berupa campuran resin dan minyak esensial dengan karakteristik rasa dan aroma rempah-rempah yang sama dengan aslinya. Oleoresin dan minyak atsiri dari rempah-rempah banyak dimanfaatkan industri farmasi, pewarna, makanan, minuman, flavor, parfum, dan lain-lain. Metode ekstraksi secara konvensional (maserasi) masih menjadi pilihan yang digunakan produsen minyak atsiri dan oleoresin.

Ekstraksi merupakan proses pemisahan zat dengan mengandalkan perbedaan kelarutan dari dua cairan yang tidak saling larut hingga tercapai fase kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam bahan (Mukhrani, 2014). Ekstraksi lada secara maserasi pada lada hitam menghasilkan rendemen sebesar 4.42% dengan rasio perbandingan bahan dan pelarut 1:4 g/mL selama 4.68 jam (Fitriyana *et al.*, 2016). Metode konvensional tersebut umumnya membutuhkan waktu ekstraksi yang lama serta menghasilkan rendemen dan kualitas yang rendah.

Beberapa metode ekstraksi oleoresin lada yang telah dikembangkan diantaranya adalah dengan refluksi gelombang mikro (Olalere *et al.*, 2017), sokhletasi (Subramanian *et al.*, 2016, Hikmawanti *et al.*, 2016). Ekstraksi maserasi *microwave* merupakan salah satu metode terbaru yang potensial untuk mengekstraksi oleoresin rempah-rempah dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Penerapan ekstraksi maserasi *microwave* dapat mengurangi

waktu ekstraksi, konsumsi pelarut dan energi, suhu terkontrol, serta menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Kurniasari *et al.*, 2008). Aplikasi *microwave* juga dapat mengurangi waktu pengeringan dan kandungan mikroba pada pengeringan lada putih (Hartulistiyoso *et al.*, 2019). Beberapa penelitian mendapatkan rendemen oleoresin lada hitam 4.42– 4.49% (Fitriyana *et al.*, 2016) dan lada putih sebesar 4.278 (v/w)% dan kadar piperin 54.67% dalam waktu 90 menit ekstraksi menggunakan proses ekstraksi refluksi gelombang mikro (Olalere *et al.* 2017). Penggunaan rasio pelarut, suhu dan waktu ekstraksi (Rathod and Rathod, 2014, Fitriyana *et al.*, 2016), jenis pelarut, frekuensi, dan daya (Rathod and Rathod, 2014) yang berbeda akan menghasilkan rendemen, komponen kimia, sifat fisik, dan sifat sensoris dari oleoresin lada yang berbeda pula. Penggunaan metode ekstraksi maserasi *microwave* terbukti mampu meningkatkan rendemen, mutu, dan efisiensi ekstraksi oleoresin lada dan sangat baik dimanfaatkan dalam industri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh metode ekstraksi maserasi *microwave* terhadap rendemen dan kualitas oleoresin dan membandingkannya dengan ekstraksi maserasi konvensional.

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji lada varietas Lampung Daun Kecil diperoleh dari kebun petani di Kecamatan Mendo Barat, Bangka Belitung. Bahan lain yang digunakan adalah aluminium foil, ethanol 96%, kertas saring *Whatman*, dan air pada suhu ruang.

Alat yang digunakan adalah *Microwave* merk Elektrolux dengan kisaran daya 100 - 700 Watt dan input voltase 220 V, oven pengering merk IKEDA RIKA tipe SS-204 D (220 V, 8A), timbangan digital merk *AND*. Pengontrol suhu ekstraksi terdiri dari termokopel tipe K 0.3 mili, *thermo recorder* merk *Autonics* seri T4WM, dan *water bath, rotary vacuum evaporator*, timbangan analitik, *disk mill*, ayakan *tyller*, gelas beker 1 L, botol plastic 1 L, botol vial 300 ml dan 30 mL, batang pengaduk, dan corong. Peralatan yang digunakan untuk analisa sifat fisiko kimia oleoresin adalah oven, *chromameter* (Minolta CR-400, Japan), dan GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometer*).

Metode

Biji lada yang diperoleh dari petani terlebih dahulu disortasi untuk membuang kotorannya. Kemudian lada yang sudah disortasi diukur kadar airnya (maks 12 %). Biji lada yang sesuai kadar airnya kemudian digiling menjadi bubuk lada menggunakan *disk mill*, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran

60 mesh.

Bubuk lada putih ditimbang sebanyak 200 gram menggunakan timbangan digital dan dimasukkan ke dalam gelas beker ukuran 100 mL, kemudian diisi etanol 96% dengan volume 800 ml (rasio bahan dan pelarut 1:4) dan dilakukan ekstraksi maserasi *microwave* dengan perlakuan 4 waktu (30, 60, 90, dan 120 menit) dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 15 unit percobaan. Ekstraksi dilakukan dengan suhu terkontrol maksimum 50°C. Pengontrolan suhu dilakukan dengan mengukur suhu setiap 5 menit sekali selama proses ekstraksi menggunakan termokopel dan jika suhu larutan melebihi 50°C dilakukan perendaman *beaker glass* kedalam air pada suhu ruang (29°C) untuk penurunan suhu seraya dilakukan pengadukan manual selama ±1 menit. Kemudian hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring, selanjutnya penguapan pelarut dengan *rotary vacuum evaporator* hingga didapatkan produk oleoresin.

Ekstraksi maserasi konvensional dilakukan sebagai pembandingan, dengan melarutkan 200 gram bubuk lada dengan ukuran 60 mesh dengan pelarut 800 mL etanol 96% kedalam botol sampel plastik ukuran 1 L, ekstraksi dilakukan selama 7 jam pada suhu ruang. Dilakukan pengadukan manual setiap 10 menit sekali, selama proses ekstraksi berlangsung. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring kemudian diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* hingga didapatkan produk oleoresin.

Analisis dilakukan pada oleoresin hasil ekstraksi maserasi *microwave* dan maserasi konvensional. Analisis meliputi analisis indeks bias (BSN 1987), rendemen, kadar piperin, warna, dan komponen penyusun oleoresin. Parameter mutu oleoresin yang diamati adalah rendemen, kadar air, kandungan penyusun oleoresin, warna, kadar piperin, dan indeks bias.

Analisis Kadar Air

Kadar air lada diukur dengan metode oven (AOAC, 1995). Cawan yang akan digunakan ditimbang untuk mengetahui berat pastinya dan dimasukkan sampel sebanyak 5 gram ke dalam cawan. Kemudian dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C hingga diperoleh berat konstan. Perhitungan kadar air:

$$K_a = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan: K_a = Kadar air (%), W_1 = berat awal (g), W_2 = berat akhir (g)

Pengukuran Rendemen Oleoresin

Rendemen menunjukkan jumlah oleoresin yang dihasilkan dari setiap gram sampel serbuk lada yang diekstrak (% w/w). Rendemen dihitung menggunakan rumus:

$$R = \frac{M_E}{M_S} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan: R = Rendemen (%), M_S = massa serbuk lada (g), M_E = massa hasil ekstraksi (g)

Analisa Warna

Pengukuran warna oleoresin menggunakan alat *Chromameter*. Sampel oleoresin berbentuk pasta diaduk dan diambil cairannya menggunakan pipet tetes kemudian dimasukkan kedalam botol bening ukuran 10 mL. Sisi botol ditutupi kertas putih agar kedap cahaya. *Chromameter* dinyalakan dan botol diletakkan diatas *chromameter* kemudian ditembakkan pada sisi bawah botol sebagai target pembacaan. Target pembacaan ditentukan seperti berikut L (parameter kecerahan), a (nilai kemerahan), b (nilai kekuningan).

Nilai C (parameter kejenuhan warna) dan h (sudut rona) dihitung.

$$Chroma (C) = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$Hue (h) = \arctan \frac{b}{a} \quad (4)$$

Penentuan Kadar Piperin

Sampel direndam sebatas $\frac{3}{4}$ tinggi botol sampel dalam penangas air 50°C selama 1 jam. Sampel ditimbang dengan neraca analitis 0.12 g dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer 100 mL etanol dan dikocok hingga larut. Larutan disaring dan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL (V_1) kemudian dipanaskan sampai batas dengan etanol (larutan a). Larutan a 10 mL (V_2) dimasukkan dalam labu takar 100 mL (V_3) dan diencerkan hingga tanda batas dengan etanol (larutan b). Larutan b 10 mL (V_4) dipindahkan dalam labu takar 100 mL (V_5) dan diencerkan sampai tanda batas dengan etanol (larutan c). Diukur absorban larutan c dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 343 nm menggunakan etanol sebagai blanko. Hasil pengukuran harus berada 0.25–0.85 (BSN 1987). Kadar piperin dinyatakan sebagai persentase bobot berdasarkan bobot kering sebagai berikut:

$$\frac{A_{343}}{Ep.343} \times \frac{V_1 \times V_1 \times V_1}{V_1 \times V_1 \times m} \times \frac{25}{5} \times \frac{100}{M} \times \frac{100}{100-KA} \quad (5)$$

Keterangan: A_{343} = hasil pengukuran absorban larutan contoh, $Ep.343$ = absorban 1% 1 cm larutan piperin pada panjang gelombang 343 nm yang nilainya adalah 1238, m = massa, dalam gram, cuplikan yang diperiksa.

Uji Indeks Bias

Refraktometer yang digunakan yaitu yang memungkinkan pembacaan indeks bias antara 1.3 dan 1.7 dengan ketelitian lebih kurang 0.0002. Alat diatur sehingga memberikan indeks bias pada suhu 25°C. Air dialirkan melalui refraktometer sehingga alat berada pada suhu pembacaan dilakukan.

Suhu tidak boleh selisih $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan suhu referensi harus dipertahankan dengan toleransi $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Suhu minyak sebelum ditaruh dalam alat harus sama dengan suhu ketika pengukuran dilakukan. Pembacaan dilakukan ketika suhu sudah stabil. Pembacaan dilakukan hingga empat angka desimal. Selang ketelitian tidak boleh lebih dari 0.0002 (BSN, 1987). Dihitung nilai indeks bias menggunakan persamaan berikut:

$$n_{Dt} = n_{Dt1} + 0.0004 (t_1 - t) \quad (6)$$

Dimana :

n_{Dt1} = pembacaan dilakukan pada suhu pengerjaan t_1

t = suhu awal

t_1 = suhu pengerjaan

0.0004 = faktor koreksi indeks bias oleoresin untuk setiap perubahan suhu 1°C

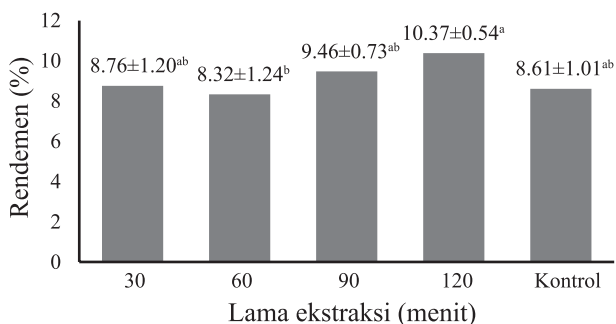
Identifikasi Komponen Senyawa Penyusun Oleoresin dengan Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GCMS).

Data hasil uji berupa data indeks bias, rendemen, kadar piperin, dan warna berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tiga kali ulangan dianalisis dengan sidik ragam *one way ANOVA (Analysis of Varians)*. Apabila terdapat pengaruh nyata pada perlakuan, maka dilanjutkan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test (DLMRT)* pada taraf nyata 95% atau *p-value* 0.005. Keseluruhan penelitian diolah menggunakan SPSS Statistics 16.0.

Hasil dan Pembahasan

Kadar Air

Kadar air biji lada yang didapat dari petani lada Bangka sebesar $9.69 \pm 0.15\%$ telah mencapai nilai standar kadar air biji lada putih berdasarkan SNI 0004-2013 dengan persyaratan kadar air maksimal sebesar 13.0% sehingga tidak perlu dilakukan pengeringan biji lada. Kadar air bubuk lada setelah digiling sebesar $9.51 \pm 0.04\%$ telah mencapai nilai standar kadar air lada putih bubuk berdasarkan SNI 01-3717-1995 yaitu kadar air maksimal sebesar 12.0%.



Gambar 1. Rendemen oleoresin lada putih pada berbagai waktu ekstraksi.

Rendemen

Rendemen oleoresin yang dihasilkan menggunakan metode maserasi *microwave* lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Gambar 1). Rendemen rata-rata ekstraksi maserasi *microwave* selama 30, 60, 90, dan 120 menit masing-masing adalah 8.76%, 8.32%, 9.46%, dan 10.37%, dan maserasi konvensional selama 7 jam adalah 8.61%. Rendemen pada waktu 60 menit mengalami penurunan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh perlakuan yang kurang teliti selama proses ekstraksi, penyaringan dan penguapan pelarut. Meskipun rendemen meningkat seiring lamanya waktu ekstraksi, namun waktu ekstraksi maserasi *microwave* selama 30 menit tidak berbeda nyata dengan lama ekstraksi 60, 90 dan 120 menit. Ekstraksi maserasi *microwave* yang optimal dari data yang diperoleh adalah 30 menit.

Microwave pada prinsipnya ketika panas diterapkan melalui gelombang mikro ke kelembaban (air) di dalam sel-sel bahan tanaman, terjadi penguapan, ekspansi dan selanjutnya menghasilkan tekanan tinggi pada dinding sel kelenjar minyak. Tekanan internal yang dihasilkan mendorong keluar dinding sel kelenjar minyak, dan secara intensif meregangkan dinding hingga bisa pecah. Hal ini akan memudahkan proses pelepasan atau pencucian minyak atsiri dari bahan tanaman ke pelarut sekitarnya. Fenomena ini dapat ditingkatkan jika bahan tanaman direndam dalam pelarut seperti air dengan efisiensi pemanasan gelombang mikro yang tinggi (nilai faktor disipasi yang lebih tinggi). Selulosa yang merupakan konstituen aktif di sebagian besar tanaman dapat diubah menjadi fraksi larut dalam beberapa menit. Suhu tinggi yang diserap oleh dinding sel tanaman dapat meningkatkan proses dehidrasi selulosa dan menurunkan kekuatan mekanik tanaman. Akibatnya, pelarut di sekitar bahan dapat dengan mudah masuk ke dalam dinding sel (Nitthiyah *et al*, 2017).

Ekstraksi maserasi *microwave* dapat meningkatkan proses ekstraksi, menggunakan bahan biokimia yang aman, mengurangi waktu dan suhu dibandingkan dengan metode maserasi konvensional, infusi atau rebusan (Alupului, 2018). Maserasi *microwave* mampu mengaktifkan komponen kimia lebih banyak dari maserasi konvensional. Sebelum ekstraksi dengan gelombang mikro, jaringan parenkim memanjang dan sel-sel dari matriks lada merapat. Dinding sel ini menjadi mengembang dan kemudian pecah saat terkena radiasi gelombang mikro. Hal ini mengakibatkan pelepasan komponen bioaktif dari dinding sel selulosa (Olalere *et al*, 2017).

Ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil rendemen. Budiastira *et al*, (2020) melaporkan rendemen oleoresin lada putih dengan metode ekstraksi berbantu ultrasonik menggunakan ukuran partikel

Tabel 1. Indeks bias oleoresin.

Perlakuan	Lama ekstraksi (menit)	Indeks bias
Maserasi <i>microwave</i>	30	1.4934±0.0270 ^a
	60	1.4847±0.0046 ^a
	90	1.4778±0.0026 ^a 1.4746±0.0004 ^a
Maserasi konvensional	420	1.4812±0.0064 ^a

Tabel 2. Warna oleoresin lada putih.

Perlakuan	Lama ekstraksi (menit)	L	a	b	Hue (o)
Maserasi <i>microwave</i>	30	49.57±10.79 ^a	4.88±2.19 ^a	24.92±10.89 ^a	75.33±13.84 ^a
	60	55.41±6.29 ^a	4.42±2.51 ^a	32.72±1.47 ^a	82.26±4.54 ^a
	90	56.97±3.02 ^a	4.45±1.72 ^a	31.26±0.51 ^a	81.93±3.04 ^a
	120	56.74±0.86 ^a	3.71±0.24 ^a	32.60±1.38 ^a	83.52±0.20 ^a
Maserasi konvensional	420	53.33±7.24 ^a	3.47±1.38 ^a	31.64±1.38 ^a	83.74±0.21 ^a

Keterangan: Data merupakan nilai rata-rata ±SD. Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan ($p > 0.05$) berdasarkan uji lanjut Duncan

100 mesh menghasilkan rendemen lebih besar yaitu 13.7% dibandingkan dengan ukuran partikel 60 mesh sebesar 11.0%. Peluang untuk mendapatkan rendemen lebih tinggi dapat diperoleh dari mengecilkan ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel yang diaplikasikan, maka luas permukaan zat tersebut semakin meningkat sehingga memudahkan pelarut menembus bahan mengikat oleoresin. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin banyaknya pori-pori yang terbentuk pada serbuk lada putih sehingga akan mempercepat kelarutan suatu zat dan meningkatkan jumlah ethanol yang mudah diserap (Tambun *et al*, 2016).

Pengaruh Ekstraksi Microwave Terhadap Mutu Oleoresin

Indeks Bias

Indeks bias minyak lada merupakan penentu kemurniannya. Indeks bias suatu zat merupakan perbandingan kecepatan cahaya dalam zat tersebut dengan kecepatan cahaya di udara. Menurut (Qorriaina dkk., 2015) bahwa uji indeks bias dilakukan untuk mengetahui adanya tidaknya air yang terkandung dalam minyak, semakin tinggi kandungan minyak, maka semakin rendah nilai indeks bias. Oleoresin lada putih yang dihasilkan dari ekstraksi maserasi *microwave* memiliki nilai indeks bias yang tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan nilai indeks bias maserasi konvensional. Dari hasil percobaan indeks bias yang didapat dari ekstraksi oleoresin lada putih dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu berkisar 1.47–1.49. Berdasarkan hipotesis maka lama ekstraksi belum tentu mampu meningkatkan mutu oleoresin dilihat berdasarkan nilai indeks biasnya. Nilai indeks bias

yang diperoleh dari kedua metode ekstraksi hanya ekstraksi maserasi *microwave* dengan lama ekstraksi 30 menit memenuhi SNI 01-0025-1987 (BSN, 1987). Dahlevi (2019) melaporkan memperoleh nilai indeks bias berkisar 1.49–1.50 dari hasil ekstraksi oleoresin lada putih menggunakan metode maserasi konvensional dengan menggunakan 3 jenis pelarut: etanol 96%, aseton, dan etil. Lama ekstraksi cukup mempengaruhi nilai indeks bias oleoresin (Sulhatun *et al*, 2013). Semakin lama waktu ekstraksi maka nilai indeks bias yang diperoleh semakin tinggi. Ada kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kandungan komponen dan komposisi setiap oleoresin yang dihasilkan.

Pengukuran indeks bias berguna untuk: menilai kemurnian dan sifat suatu medium; mengetahui konsentrasi larutan; melihat nilai perbandingan komponen dalam campuran zat cair; dan membacakadar zat yang diekstraksikan dalam pelarut (Parmitasar dan Hidayanto, 2013)

Warna

Warna oleoresin umumnya diperoleh dari hasil pengamatan organoleptik. Pengukuran dengan cara ini menghasilkan nilai yang beragam tergantung pada cahaya yang mengenai objek dan pengamatan dari pengamat. Pengukuran menggunakan alat *chromameter* membantu menghasilkan nilai yang lebih spesifik. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa warna oleoresin yang dihasilkan dari oleoresin lada putih tidak berbeda antara ekstraksi dengan maserasi *microwave* maupun ekstraksi maserasi konvensional dengan nilai L* 49.57–56.97; a* 3.47–4.88; dan b* 24.92–32.72. Nilai *hue* terendah diperoleh dari ekstraksi *microwave* selama 30 menit adalah 75.33. Untuk

Tabel 3. Komponen penyusun oleoresin lada ekstraksi maserasi dan metode maserasi *microwave*.

Nama komponen	Maserasi konvensional	Maserasi <i>Microwave</i>
Butyric Acid	-	0.30
PIPERIDINE	36.04	22.69
Piperine	6.62	23.03
4-Cyclopentene-1,3-Dione	-	0.74
Hexanoic acid	-	1.47
Oxirane	-	0.27
Benzene	2.15	0.66
3-Piperidino-1,2-propanediol	-	1.99
N-Formylpiperidine	6.29	5.78
Benzyl Alcohol	-	0.79
Dibutylamine	0.74	-
Hexanoic acid	1.94	-
1-acetylpiperidine	3.11	1.63
Siliconfett	0.40	-
4-Methyl-2-(3-methyl-2-butenyl)-furan	-	0.27
Piperonal	-	1.34
2,6-dimethoxyphenol	-	1.77
Beta-caryophyllene	1.46	1.30
4-Amino-3-Phenyl-1H-Pyridazin-6-One	-	0.90
Pellitorine	1.60	1.69
Palmitic Acid	-	0.47
2-Propylpiperidine	-	1.01
Piperidine	-	0.80
Oleamide	-	0.94
Jumlah komponen	14	51

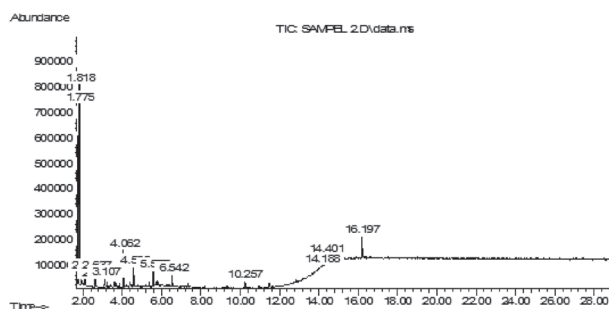
nilai tertinggi yaitu 83.74 pada ekstraksi maserasi konvensional. Berdasarkan hipotesis maka lama ekstraksi belum tentu mampu meningkatkan mutu oleoresin dilihat berdasarkan kadar warna. Dahlevi (2019) memperoleh nilai L^* 35.37–47.48, a^* 3.43–7.49, dan b^* 32.86–35.59. Ukuran partikel tidak memberikan pengaruh terhadap warna oleoresin yang dihasilkan. Penelitian Budiastira *et al*, (2020) menggunakan metode ekstraksi berbantu ultrasonik dengan ukuran partikel 30, 60, dan 100 mesh menghasilkan warna oleoresin lada putih yang tidak berbeda secara signifikan yaitu merah-kekuningan dengan bentuk pasta cair.

Komponen Penyusun

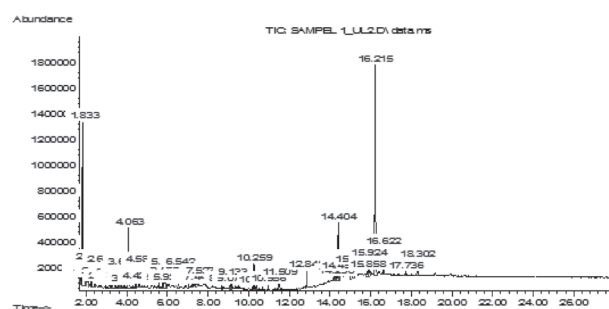
Kromatogram hasil GCMS oleoresin lada putih dengan maserasi konvensional dan *microwave*

ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Ekstraksi maserasi *microwave* menghasilkan komponen kimia yang berbeda dibandingkan maserasi konvensional (Tabel 3). Perlakuan maserasi *microwave* dapat mengaktifkan kandungan komponen kimia penyusun lebih banyak (51 komponen) dibandingkan maserasi konvensional (14 komponen). Hal ini menunjukkan bahwa *microwave* mampu mengekstrak komponen penyusun yang lebih murni dan banyak dibandingkan maserasi konvensional. Beberapa komponen yang dihasilkan dari kedua maserasi ini adalah PIPERIDINE, piperine, benzene, N-Formylpiperidine, 1-acetylpiperidine, beta-caryophyllene, dan pellitorine.

Piperin merupakan komponen utama pada lada yang memberikan rasa pedas. Kandungan piperin yang dihasilkan dari ekstraksi maserasi *microwave*



Gambar 2. Kromatogram oleoresin lada putih dengan maserasi konvensional.



Gambar 3. Kromatogram oleoresin lada putih dengan maserasi *microwave*.

(23.03%) lebih besar daripada ekstraksi maserasi konvensional (6.62%). Piperin memiliki rumus kimia $C_{17}H_{19}NO_3$ merupakan zat padat yang pada dasarnya tidak larut dalam air. Awalnya hambar, tetapi meninggalkan sisa rasa terbakar. Piperine termasuk dalam keluarga senyawa vanilloid, yang juga termasuk capsaicin, zat pedas dalam cabai pedas. Piperin mungkin memiliki aktivitas meningkatkan ketersediaan hayati untuk beberapa zat gizi dan untuk beberapa obat (Mander and Liu, 2010). Penelitian Budiastira *et al*, (2020) menghasilkan kadar piperin sebesar 11.91% lada Bangka Belitung dan 7.51% lada Sulawesi Selatan menggunakan metode ekstraksi berbantu ultrasonik dengan ukuran partikel 100 mesh.

Oleoresin lada di pasaran umumnya diperoleh dari mengekstraksi lada hitam. Namun, lada putih juga memiliki potensi menghasilkan rendemen oleoresin dan kadar piperin yang lebih baik dibandingkan dengan lada hitam. Buah lada putih mengandung minyak atsiri, lemak, pati, dan alkaloid seperti piperin, kavitsin, dan metilprinolin. Kandungan paling utama dalam lada adalah alkaloid piperin dan piperettin yang memberikan rasa pedas pada lada (Darma *et al*, 1991). Piperin pada lada memiliki kelarutan yang rendah dalam heksan, tetapi pelarut etanol memberikan hasil kandungan minyak dan rendemen oleoresin yang tinggi dibanding dengan pelarut lain. Pelarut etanol mudah diperoleh, murah dan risiko toksik yang rendah (Risfaheri, 2016).

Banyaknya zat aktif yang ikut terekstrak dapat diamati dari besarnya nilai rendemen yang diperoleh, artinya keefektifan proses ekstraksi dapat dilihat dari besar kecilnya persentase rendemen ekstraksi. Pada lada hitam semakin besar konsentrasi etanol maka semakin kecil rendemen dan kadar piperin, sedangkan pada lada putih semakin besar konsentrasi etanol maka semakin besar rendemen dan kadar piperin yang diperoleh. Hikmawanti *et al* (2016) melakukan penelitian ekstraksi oleoresin lada putih dan lada hitam menggunakan metode ekstraksi sohletasi dengan pelarut etanol 96% dan memperoleh rendemen oleoresin lada putih sebesar 36.10% serta lada hitam sebesar 11.98%; kadar piperin lada putih yang dihasilkan lebih tinggi sebesar 38.72% dibandingkan dengan kadar piperin lada hitam sebesar 36.97%.

Proses pemanasan pada *microwave* dapat menghilangkan senyawa dan memunculkan senyawa baru. Hal ini terjadi karena senyawa telah mencapai titik didih atau alat tidak dapat membaca dan menganalisa keberadaan komponen tersebut sehingga komposisi kimia yang dihasilkan berbeda (Rodianawati *et al*, 2015).

Pada tabel 4, terlihat bahwa ekstraksi maserasi *microwave* mampu mengaktifkan *benzyl alcohol* 0.79%. Benzil alkohol memiliki rumus kimia C_7H_8O merupakan pelarut organik yang larut sebagian dalam air (Ghanbarzade *et al*, 2019). Dalam bidang

industri, benzil alkohol dimanfaatkan sebagai salah satu pengawet dan alkohol aromaterapi. *Hexanoic acid* (HA) dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_2$ adalah asam monokarboksilat rantai pendek berfungsi untuk menginduksi ketahanan penyakit pada tanaman. Studi terbaru menunjukkan bahwa aplikasi HA pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) menginduksi perubahan spesifik yang mampu mempengaruhi ekspresi gen virulensi *Pseudomonas syringae*, menyoroiti untuk pertama kalinya bahwa penerapan elisitor tidak hanya mengaktifkan reaksi pertahanan inang tetapi juga dapat mengubah virulensi patogen (Boubakri, 2020). Oleamide berumus kimia $C_{18}H_{35}NO$ memiliki efek mendalam pada termoregulasi dan bertindak sebagai analgesik dalam beberapa model nyeri eksperimental.

Simpulan

Metode maserasi *microwave* mampu mempersingkat waktu ekstraksi dari 420 menit (7 jam) menjadi 30 menit dengan rendemen oleoresin yang tidak berbeda nyata. Semakin lama waktu maserasi *microwave* semakin tinggi rendemennya. Metode maserasi *microwave* menghasilkan mutu kimia lebih baik dibandingkan maserasi konvensional dan menghasilkan mutu fisik (warna dan indeks bias) yang tidak berbeda dengan maserasi konvensional.

Daftar Pustaka

- Alupului, A., and V. Lavric. 2018. Ultrasound Extraction of Active Principles with Hypoglycaemic Activity from Medicinal Plants. University Politehnica of Bucharest.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*, 16thed. Washington DC (US).45: 5-6.
- [BSN] Badan Standar Nasional Indonesia. 1987. *SNI 01-0025-1987: Oleoresin Lada Hitam*.
- Boubakri, H. 2020. *Priming-Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants*. Academic Press.
- Budiastira, I.W., S.M. Sutrisno, A.A. Ahmuhardi. 2020. Pengaruh Amplitudo Ultrasonik dan Waktu Ekstraksi Terhadap Rendemen dan Mutu Oleoresin Pala. *Jurnal Keteknik Pertanian (JTEP)*, Vol. 8 No. 2, p 45-52. (DOI: 10.19028/jtep.08.2.45-52)
- Dahlevi, R.H. 2019. Kajian penggunaan berbagai jenis pelarut organik dengan metode maserasi terhadap karakteristik ekstrak oleoresin lada putih (*Piper nigrum* L.) [Skripsi]. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Darma, G., Lucyana, H.G. Pohan. 1991. Pengaruh jenis pelarut serta ukuran partikel terhadap rendemen dan kadar piperin oleoresin limbah

- lada putih (*Piper nigrum* Linn). *Jurnal of Agro-based Industry*. 8(1):24-27.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021*. Jakarta (ID). p 605.
- Fitriyana, L., A. Salamun, Syaubari. 2016. Optimasi proses ekstraksi oleoresin lada hitam secara maserasi dan bantuan gelombang ultrasonik menggunakan metode permukaan respon. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. 29(2):77-86.
- Ghanbarzadeh, B., F. Keivani, Mohammadi. 2019. *Lipid-Based Nanostructures for Food Encapsulation Purposes*. Academic Press.
- Hartulistiyoso, E., Y.A. Purwanto, A.M.A. Mukhlis. 2019. Spouted bed drying of white pepper (*Piper nigrum* L.) with microwave preheating treatment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 557(2019): 012045.
- Hikmawanti, N.P.E., Hariyanti, C. Aulia, V.P. Viransa. 2016. Kandungan piperin dalam ekstraksi buah lada hitam dan buah lada putih (*Piper nigrum* L.) yang diekstraksi dengan variasi konsentrasi etanol menggunakan metode klt-densitometri. 13(2): 173-185.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2015. Outlook lada. *Kementerian Pertanian*. Jakarta (ID). Kementerian Pertanian. p 1-16.
- Kurniasari, L., I. Hartati, R.D. Ratnani. 2008. Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan *Microwave Assisted Extraction (MAE)*. *Momentum*. 4(2): 47 – 52.
- Mander, L., and H.W. Liu. 2010. *Comprehensive Natural Products II: Chemistry and Biology*. Elsevier.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*. 7(2):361-367.
- Nitthiyah, J., A.H. Nour, R. Kantasamy, J.O. Akindoyo. 2017. Microwave assisted hydrodistillation an overview of mechanism and heating properties. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 11(3):22-29.
- Olalere, O.A., H.N. Abdurahman, O.R. Alara, O.A. Habeeb. 2017. Parametric optimization of microwave reflux extraction of spice oleoresin from white pepper (*Piper nigrum*). *Journal of Analytical Science and Technology*. 8(x):1-8. Doi 10.1186/240543-017-0118-9.
- Parmitasar, P., dan E. Hidayanto. 2013. Analisis korelasi indeks bias dengan konsentrasi sukrosa beberapa jenis madu menggunakan portable brix meter. *Youngster Physics Journal*. 1(5):191-198.
- Qorriaina, R., L.C. Hawa, R. Yulianingsih. 2015. Aplikasi pra-perlakuan microwave assisted extraction (MAE) pada ekstrak daun kemangi (*Ocimum sanctum*) menggunakan rotary evaporator (studi pada variasi suhu dan waktu ekstraksi). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 3(1):32-38.
- Rathod, S.S., and V.K. Rathod. 2014. Extraction of piperin from *piper longum* using ultrasound. *Industrial Crops and Products*. 58(x):259-264.
- Risfaheri. 2016. Diversifikasi produk lada (*Piper nigrum*) untuk peningkatan nilai tambah. *Buletin Teknologi Pascapanen*. 8(1):15-26.
- Rodianawati, I., P. Hastuti, M.N. Cahyo. 2015. Nutmeg's (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresin : effect of heating to chemical compositions and antifungal properties. *Procedia Food science*. 3(x): 244-254.
- Subramanian, R., P. Subbramaniyan, J.N. Ameen, V. Raj. 2016. Double bypasses soxhlet apparatus for extraction of piperine from *Piper nigrum*. *Arabian Journal of Chemistry*. 9(x):S357-S540.
- Sulhatun, Jalaludin, Tisara. 2013. Pemanfaatan lada hitam sebagai bahan baku pembuatan oleoresin dengan metode ekstraksi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 2(2):16-30.
- Tambun, R., H.P. Limbong, C. Pinem, E. Manurung. 2016. Pengaruh ukuran partikel, waktudan suhu pada ekstraksi fenol dari lengkuas merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 5(4):53-56.