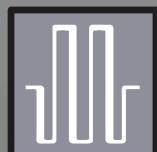


jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 9, No. 3, December 2021



Official Publication of
Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE)
and
Department of Mechanical and Biosystem Engineering
IPB University



JTEP JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN 2407-0475 E-ISSN 2338-8439

Vol. 9, No. 3, December 2021

Jurnal Keteknikan Pertanian is accredited based on the Decree of the Director General of Strengthening Research and Development of the Ministry of Research, Technology and Higher Education Number I/E/KPT/2015 dated September 21, 2015. In addition, JTEP has also been registered with Crossref and has a Digital Object Identifier (DOI) and has indexed on ISJD, IPI, Google Scholar and DOAJ. JTEP is published three times a year in April, August and December. This scientific periodical is active in the development of engineering science for tropical agriculture and the biological environment. The author of the paper is not limited to PERTETA members but is open to the general public. The scope of the paper includes land and water resources engineering, agricultural cultivation tools and machines, agricultural environment and buildings, alternative energy and electrification, agricultural ergonomics and electronics, food processing techniques and agricultural products, agricultural management and information systems. The papers are grouped into invited papers that present actual national and international issues, reviews of research developments, or the application of science and technology, technical papers of research results, application, or dissemination, and research methodology related to the development of modules, methods, procedures, application programs, and so on. The manuscript writing must follow the writing guidelines as stated on the website and the manuscript is sent electronically (online submission) via <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Advisory Board:

Head of Department of Mecanical and Biosystem Engineering, IPB University

Head of Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE)

Editorial Team:

Chief Editor : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)

Editorial Board : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)

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 Irlandia)

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)

Executive Editor:

Head : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)

Secretary : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)

Financial : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)

Technical Editor: 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 Dowa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)

Administration : Khania Tria Tifani (IPB University)

Publisher: Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE) and Department of Mechanical and Biosystem Engineering IPB University

Address: Jurnal Keteknikan Pertanian, Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Engineering, IPB University Campus, 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>

Bank account number: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9

Account Holder: Jurnal Keteknikan Pertanian

Printing Office: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Acknowledgement

The Editors of the Agricultural Engineering Journal would like to thank the partners who have reviewed the manuscript for publication **Vol. 9, No. 3 December 2021**. Thanks are given to: Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Prof. Dr. Ir. Sutrisno M.Agr (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra, MS,A.Eng (Sriwijaya University), Satria Bhirawa Anoraga, S.TP, M.Sc (Gadjah Mada University), Dr. Liyantono, S.TP, M.Sc (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Afik Hardanto, S.TP, M.Sc, Ph.D (Jenderal Soedirman University), Dr. Rudiati Evi Masithoh, S.TP, M.Dev.Tech (Gadjah Mada University), La Choviya Hawa, S.TP, MP, Ph.D (Brawijaya University), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Hasanuddin University), Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si (Andalas University), Dr. Ir. Lukman M. Baga, MA.Ec (IPB University), Dr. Ir. Burhanuddin, MM (IPB University), Iman Sabarisman, S.TP, M.Si (Gadjah Mada University), Dewi Maya Maharani, S.TP, M.Sc (Brawijaya University).

JTEP JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

Vol. 9, No. 3, December 2021

List of Contents

Technical Paper

79

Rapid Assessment of Fresh Beef Spoilage Using Portable Near-Infrared Spectroscopy
Cyril Njume Akeme, Y Aris Purwanto, Dewi Apri Astuti, Slamet Widodo

87

Sistem Pakar Berbasis Android untuk Identifikasi Jenis Gulma pada Budidaya Tanaman Kedelai

Android based Expert System for Weeds Identification in Soybean Cultivation
Mohamad Salahudin dan Giska Priaji

95

Pendugaan Umur Simpan Bubuk Daun Torbangun dalam Berbagai Bahan Kemasan
Estimated Shelf Life of Torbangun Leaf Powder in Various Packaging Materials
Lydia Ariani, Rokhani Hasbullah, Usman Ahmad

103

Prediksi Indeks Panen Jambu “Kristal” Secara Non Destruktif Menggunakan Portable Near Infrared Spectrometer

Non-Destructive harvest indices prediction of “crystal” guava using a portable near-infrared spectrometer
Ayu Putri Ana, Y Aris Purwanto, Slamet Widodo

111

Pendugaan Umur Simpan Pasta Cabai dengan Penambahan Natrium Benzoat Menggunakan Metode Akselerasi Arrhenius
Self Life Estimation of Chili Paste with Additional of Natrium Benzoat Using Arrhenius Acceleration Method
Sri Lestari, Silvia Yuniarti, Hijriah Mutmainah, Maureen C. Hadiaty, Ismatul Hidayah

119

Karakteristik dan kelayakan Finansial Usahatani Mangga Gedong Gincu di Kabupaten Indramayu

Characteristics and Financial Feasibility of Gedong Gincu Mango Farming in Indramayu District
Khoirul Umam*, Rokhani Hasbullah, Mohamad Salahudin

127

Studi Model Kinetika Ekstraksi Berbantuan Ultrasonik pada Lada (*Piper nigrum L.*)
*Study of Kinetic Model for Ultrasonic-Assisted Extraction of Pepper (*Piper nigrum L.*)*
I Wayan Budiastha, Slamet Widodo, Anggie Yulia Sari*

135

Aplikasi Zeolit-KMnO₄ dan Silika Gel untuk Memperpanjang Green Life Mangga Arumanis (*Mangifera indica L.*)

*Application of Zeolite-KMnO₄ and Silica Gel to Extend Green Life of Manggo Arumanis (*Mangifera indica L.*)*
Anita Khairunnisa*, Emmy Darmawati, Siti Mariana Widayanti

Publisher:

The Indonesian Agricultural Engineering Association (ISAE) in collaboration with Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Bogor Agricultural University

Address: Journal of Agricultural Engineering, Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Engineering, Darmaga Campus of IPB, Bogor 16680.

Tel. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,

E-mail: jtep@ipb.ac.id or journaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.



Technical Paper

Studi Model Kinetika Ekstraksi Berbantu Ultrasonik pada Lada (*Piper nigrum L.*)

*Study of Kinetic Model for Ultrasonic-Assisted Extraction of Pepper (*Piper nigrum L.*)*

I Wayan Budiastra, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Slamet Widodo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Anggie Yulia Sari*, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

email: ys_anggie@apps.ipb.ac.id

Abstract

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) is used to extract oleoresin from pepper that offer a competitive method compared to maceration. This research was aimed to study and to validate a second order of kinetics model of UAE white pepper extraction that could describe the relationship between oleoresin yield, UAE amplitude, and extraction time. Pepper is milled to particle size of 100 mesh. The 200 g of pepper powder is poured to 800 ml ethanol (1:4) to subjected to UAE. Maceration process also carried out as control. Amplitude and extraction times used in the UAE are 45, 60, 75, and 90%; and 45, 60, 75, and 90 minutes. The value of oleoresin concentration experiment (C_t) with model calculations is closely related to the extraction capacity at saturation (C_s) and the resulting extraction rate constant (k). The value of C_s between 29.24–34.48 g/l and k between 1.1×10^{-3} – 1.9×10^{-3} l/g.minute. Results from the two C_t obtained produce a coefficient of determination value of 0.85 and the error value between 0.18–14.09%. The second-order kinetic model developed can be used to predict the yield of white pepper oleoresin with UAE amplitude limit conditions of 45–90 % and extraction time of 45–90 minutes.

Keywords: amplitude, oleoresin, *Pipper nigrum L.*, second order model, ultrasonic assisted extraction

Abstrak

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) digunakan untuk mengekstraksi oleoresin dari lada yang memberikan metode yang lebih kompetitif dibandingkan dengan metode maserasi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan melakukan validasi model ordo kedua dari model kinetika ekstraksi berbantu UAE pada lada putih yang dapat menggambarkan hubungan antara rendemen oleoresin, amplitudo UAE dan waktu ekstraksi. Biji lada digiling hingga memiliki ukuran partikel sebesar 100 mesh. Ekstraksi UAE dilakukan dengan menambahkan 200 g bubuk lada ke dalam 800 ml etanol (1:4). Proses maserasi juga dilakukan sebagai perlakuan kontrol. Amplitudo dan waktu ekstraksi yang digunakan dalam ekstraksi berbantu UAE adalah 45, 60, 75, dan 90%; dan 45, 60, 75, dan 90 menit. Nilai eksperimen konsentrasi oleoresin lada putih (C_t) dan perhitungan model sangat berkaitan dengan kapasitas ekstraksi saat saturasi (C_s) dan konstanta laju ekstraksi (k). Nilai C_s berkisar antara 29.24–34.48 g/l dan nilai k berkisar antara 1.1×10^{-3} – 1.9×10^{-3} l/g.menit. Perolehan hasil dari kedua C_t menghasilkan nilai koeisien determinasi sebesar 0.85 dan nilai galatnya pada perhitungan model berkisar antara 0.18–14.09%. Model kinetik ordo kedua yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi hasil rendemen oleoresin lada putih berbantu UAE dengan kondisi batas amplitudo UAE 45–90% dan waktu ekstraksi 45–90 menit.

Kata kunci: amplitudo, ekstraksi berbantu ultrasonik, model ordo kedua, oleoresin, *Pipper nigrum L.*

Received: 06 September 2021; Accepted: 24 November 2021

Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu penyumbang terbesar dari total rempah-rempah dunia pada tahun 2013, yaitu 21.06 % (ITPC 2013). Namun, pada umumnya dieksport dalam bentuk simplisia, biji atau bubuk kering, dan belum dalam bentuk olahan seperti oleoresin. Hal ini menunjukkan bahwa oleoresin lada merupakan komoditas yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai substitusi impor dan ekspor. Oleoresin merupakan campuran dari lipofilik yang mengandung komponen *volatile* dan *non-volatile* yang diperoleh dari hasil ekstraksi, pemekatan, dan standarisasi minyak atsiri (Aziz et al. 2018). Metode konvensional yang umum digunakan adalah perkolasi dingin, ekstraksi soxhlet, kelarutan hidrotopi, dan maserasi. Namun, kelemahan dari metode ini yaitu hasil ekstraksi yang rendah, kontaminasi pelarut, dan waktu ekstraksi yang lebih lama. Kelemahan tersebut mengharuskan penggunaan dari metode ekstraksi non-konvensional (Olalere et al. 2017).

Teknik *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) merupakan salah satu metode non konvensional yang dapat meningkatkan hasil rendemen dan mempersingkat waktu ekstraksi pada pala yaitu 31.33% selama 45 menit dibandingkan maserasi (Baihaqi et al. 2018); dan 11–52% dengan waktu yang lebih cepat, yaitu ≤ 1.25 jam dibandingkan maserasi (Budiastra et al. 2020), serta *Piper longum* yaitu 5.8 mg/g selama 18 menit dibandingkan ekstraksi *batch* dan soxhlet (Rathod dan Virendra 2014). Prinsip dari teknik UAE didasari pada prinsip kavitasasi akustik yang mampu merusak dinding sel matriks pada sampel, sehingga dapat meningkatkan proses kinerja ekstraksi (Torres et al. 2017).

Sejalan dengan studi teknologi UAE untuk ekstraksi komoditi pertanian, berkembang pula pengembangan model kinetika untuk menganalisis proses transfer massa, memprediksi hasil ekstraksi, dan mengetahui laju kinetika ekstraksi. Sebagai contoh, pengembangan model Weibull untuk memprediksi kandungan fenolik dan kapasitas antioksidan anggur (Centeno et al. 2014), serta model ordo kedua untuk memprediksi hasil ekstraksi antosianin bunga rosella ungu (Aryanti et al. 2018), dan komoditi pala (Lubbu et al. 2018) untuk memprediksi nilai rendemen yang dihasilkan.

Perbedaan karakteristik fisiko-kimia dari komoditi pertanian sangat berpengaruh terhadap efisiensi ekstraksi dan konstanta laju ekstraksi (k). Model kinetika ordo pertama atau disebut Hukum I Fick menjelaskan proses ekstraksi berdasarkan perpindahan massa dan difusi, namun sangat sulit untuk menentukan gradien dari konsentrasi pada sampel. Proses ini lebih dapat dijelaskan menggunakan model ordo kedua, dimana laju pelarutan oleoresin pada sampel ke dalam larutan sebagai fungsi yang bergantung pada waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan model

kinetika ordo kedua untuk ekstraksi berbantu ultrasonik pada lada putih. Penelitian ini bertujuan untuk 1) mempelajari karakteristik ekstraksi oleoresin lada putih berbantu UAE pada berbagai amplitudo dan waktu ekstraksi, dan 2) melakukan validasi model tersebut dalam memprediksi rendemen oleoresin lada putih pada berbagai amplitudo dan waktu ekstraksi UAE.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari–Mei 2021 di, SEAFAST Centre untuk preparasi sampel; Laboratorium Nano Teknologi Pangan dan Pertanian, Balai Besar Penelitian Pascapanen Pertanian untuk melakukan ekstraksi berbantu ultrasonik; dan Laboratorium Uji Mutu, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALITTRO) untuk proses pemekatan konsentrasi larutan menggunakan *rotary evaporator*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah sonikator dengan merek QSonica model Q700 buatan USA dengan frekuensi 20 kHz dan daya 700 Watt, pengontrol suhu ekstraksi terdiri atas mikrokontroler; sensor suhu; *water bath*; dan pompa, serta *rotary evaporator*. Bahan yang digunakan adalah biji lada putih (*Piper nigrum* L.) varietas muntok asal Bangka Belitung sebanyak 10 kg, dan etanol 96%.

Persiapan Sampel

Bahan yang digunakan adalah biji lada putih dengan KA 9,54 %. Bahan digiling menggunakan *disk mill*, dan dilakukan proses pengayakan dengan ukuran 100 mesh (Budiastra et al. 2020).

Ekstraksi Oleoresin berbantu *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dan Merasi

Ekstraksi dilakukan dengan melarutkan 200 gr bubuk lada putih dalam 800 ml etanol 96%. Perbandingan antara sampel dan pelarut etanol 96% adalah 1:4 (Baihaqi et al. 2018). Campuran tersebut dilakukan dengan dua perlakuan yaitu maserasi dan berbantu UAE. Metode maserasi dilakukan dengan cara melarutkan campuran tersebut selama 7 jam pada suhu ruang. Metode berbantu UAE mengekstrak campuran tersebut pada generator ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz, serta variasi amplitudo yaitu 45, 60, 75, dan 90% serta waktu yaitu 45, 60, 75, dan 90 menit. Ekstraksi dilakukan sebanyak dua kali pengulangan. Pengendalian suhu pada UAE menggunakan sensor suhu dan telah diberikan reflek pendinginan jika suhu melebihi 50°C (Sofyana et al. 2013). Larutan disaring menggunakan kertas saring dan dilakukan proses penguapan menggunakan *rotary evaporator* untuk mendapatkan oleoresin yang

lebih kental dan murni.

Pengembangan Model

Pengembangan model kinetika ekstraksi oleoresin lada putih berdasarkan laju reaksi ordo kedua. Variabel yang digunakan adalah waktu ekstraksi dan amplitudo, dengan percobaan pendekatan faktor tunggal untuk setiap parameternya (Lubbu *et al.* 2018). Tingkat disolusi untuk oleoresin dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dC_t}{dt} = k(C_s - C_t)^2 \quad (1)$$

Dimana k = konstanta laju ekstraksi ordo kedua (l/g.menit); C_s = kapasitas ekstraksi (konsentrasi oleoresin pada saturasi dalam g/l); dan C_t = konsentrasi oleoresin setiap saat t (g/l).

Konsentrasi pada ekstraksi waktu tertentu ditentukan dengan mengintegralkan persamaan (1) dalam kondisi batas pada $C_t = 0$ hingga C_t ; $t = 0$ hingga t , sehingga diperoleh persamaan (2) berikut:

$$C_t = \frac{C_s^2 kt}{1 + C_s kt} \quad (2)$$

Data percobaan yang telah diperoleh diplot dalam bentuk grafik dengan t/C_t terhadap t untuk setiap parameter amplitudo. Hasil dari plot yang diperoleh dilinearakan terhadap masing-masing persamaan garis dengan mengikuti persamaan berikut:

$$\frac{t}{C_t} = \frac{1}{kC_s^2} + \frac{t}{C_s} \quad (3)$$

Nilai k dan C_s terhadap masing-masing amplitudo dapat ditentukan dengan mensubtitusikan pada persamaan (3). Plot grafik antara k dan amplitudo serta C_s dan amplitudo kembali dilakukan untuk memperoleh persamaan garis yang digunakan sebagai fungsi yang berubah terhadap amplitudo yang ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\frac{C_t}{t} = \frac{1}{\left(\frac{1}{kC_s^2}\right) + \left(\frac{t}{C_s}\right)} \quad (4)$$

Laju ekstraksi awal yang dilambangkan dengan h , sebagai C_t/t ketika t mendekati 0. Persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$h = kC_s^2 \quad (5)$$

Konsentrasi oleoresin setiap waktu dinyatakan setelah mensubtitusikan persamaan (5) ke (4) dan mengalikan masing-masing ruas dengan t , maka diperoleh persamaan (6) berikut:

$$C_t = \frac{t}{\left(\frac{1}{h}\right) + \left(\frac{t}{C_s}\right)} \quad (6)$$

Laju ekstraksi awal (h), kapasitas ekstraksi (C_s) dan konstanta laju ekstraksi (k) ditentukan secara

eksperimental dari *slope* dan dengan *plot* t/C_t terhadap t .

Waktu Ekstraksi Maksimum

Waktu ekstraksi maksimum dapat digambarkan ketika konsentrasi oleoresin (C_t) mendekati nilai dari konsentrasi pada saat saturasi C_s . Nilai dari waktu ekstraksi maksimum diperoleh dengan menurunkan persamaan dari konsentrasi oleoresin (Lubbu *et al.* 2018).

$$\frac{dC_t}{dt} = C_s \quad (7)$$

Asumsi yang digunakan yaitu batas toleransi nilai $C_t < 5\%$, dinyatakan dengan $\alpha = 0.05$.

$$\frac{C_s - ktC_s^2}{C_s} \leq \alpha \quad (8)$$

Supaya galat maksimal = α , maka

$$t \geq \frac{1 - \alpha}{C_s \alpha k} \quad (9)$$

Dengan nilai efisiensi ekstraksi

$$\eta = \frac{C_t}{C_s} \times 100\% \quad (10)$$

Validasi Model

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan nilai yang diperoleh dari rumus model (simulasi) dan percobaan. Nilai validasi yang digunakan untuk amplitudo dan waktu ekstraksi berupa rentang nilai percobaan dari amplitudo dan waktu ekstraksi yang digunakan. Validasi model kinetika dapat dikatakan baik, jika galat maksimum yang dihasilkan berkisar 10 % atau nilai koefisien determinasi mendekati sama dengan 1 (Lin dan Chen 2018).

Hasil dan Pembahasan

Perolehan Hasil Konsentrasi Oleoresin Lada Putih

Perolehan hasil konsentrasi oleoresin lada putih dari proses ekstraksi berbantu *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) dan maserasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 bahwa penggunaan amplitudo pada ultrasonik meningkatkan hasil konsentrasi oleoresin lada putih dibandingkan dengan metode maserasi. Konsentrasi oleoresin tertinggi terdapat pada penggunaan amplitudo 90% dengan waktu 60 menit, yaitu sebesar 30.01 g/l. Pengaruh waktu ekstraksi berbantu UAE terhadap konsentrasi oleoresin untuk setiap masing-masing amplitudo ditunjukkan pada Gambar 1.

Penggunaan waktu ekstraksi yang lebih lama mampu meningkatkan hasil ekstraksi dengan memperpanjang reaksi antara pelarut dan bahan baku. Namun, waktu ekstraksi yang terlalu lama

Tabel 1. Hasil ekstraksi oleoresin lada putih berbantu UAE dan maserasi.

Jenis Ekstraksi	Amplitudo ultrasonik A (%)	Waktu t (menit)	Konsentrasi oleoresin C _t (g/l)
<i>Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)</i>	45	45	17.92
	45	60	18.64
	45	75	21.14
	45	90	21.90
<i>Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)</i>	60	45	19.40
	60	60	20.06
	60	75	22.49
	60	90	23.30
<i>Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)</i>	75	45	21.01
	75	60	22.09
	75	75	24.60
	75	90	25.10
<i>Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)</i>	90	45	23.99
	90	60	30.01
	90	75	28.90
	90	90	28.76
Maserasi	0	420	17.16

akan mengurangi efisiensi dari proses ekstraksi tersebut. Berdasarkan Gambar 1, konsentrasi oleoresin mengalami peningkatan pada masing-masing amplitudo. Namun pada Gambar 1 untuk amplitudo 90%, terjadi penurunan konsentrasi oleoresin lada putih pada waktu 75 dan 90 menit. Penurunan konsentrasi oleoresin ini dapat terjadi karena adanya degradasi dari beberapa partikel selama waktu ekstraksi diperpanjang.

Idris dan Ahmad (2017) menyatakan bahwa gelombang ultrasonik yang dihasilkan berhubungan

erat dengan proses kavitasasi. Proses ini akan merusak dinding sel biologis dan membantu proses pelepasan muatan selama proses ekstraksi. Penggunaan gelombang ultrasonik ataupun amplitudo yang lebih tinggi pada proses ekstraksi akan menghasilkan energi kavitasasi yang berdampak pada peningkatan hasil ekstraksi pada oleoresin.

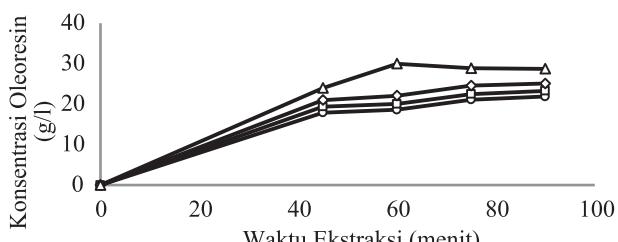
Pengembangan Model Kinetika Ekstraksi Ordo Kedua

Model kinetika ordo kedua dapat digunakan untuk menggambarkan proses ekstraksi dibawah kondisi parameter yang berbeda seperti ukuran partikel, suhu ekstraksi, rasio pelarut/padat, amplitudo, dan waktu ekstraksi (Aryanti et al. 2018). Penentuan dari pengembangan model kinetika ekstraksi ordo kedua dengan membuat *plot* antara t/C_t terhadap waktu t (menit) pada masing-masing amplitudo. Pembuatan *plot* tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

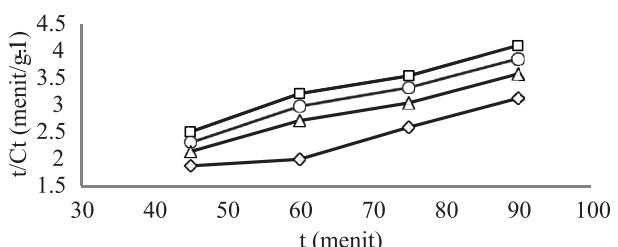
Trend yang dihasilkan menunjukkan hubungan yang linier terhadap waktu. Persamaan-persamaan garis linier untuk masing-masing *trend* disajikan pada Tabel 2. Pengaruh amplitudo ultrasonik ini dapat digunakan untuk menentukan nilai k dan C_s dengan mengacu pada Persamaan (3).

Berdasarkan Tabel 2 bahwa perbedaan dari amplitudo ultrasonik dapat mempengaruhi nilai konstanta laju ekstraksi (k) dan kapasitas ekstraksi atau konsentrasi oleoresin saat saturasi (C_s). Grafik hubungan antara amplitudo ultrasonik terhadap nilai k dan C_s ditunjukkan pada Gambar 3.

Konstanta laju ekstraksi (k) dan kapasitas ekstraksi (C_s) dihitung secara eksperimental dengan mengacu pada kurva linier pada Gambar 3. Hasil



Gambar 1. Pengaruh waktu ekstraksi berbantu UAE terhadap hasil konsentrasi oleoresin lada putih pada amplitudo 45% (o), 60% (□), 75% (◊), dan 90% (Δ).



Gambar 2. Plot kinetika ekstraksi model ordo kedua oleoresin lada putih pada amplitudo 45% (□), 60% (o), 75% (Δ), dan 90% (◊).

Tabel 2. Persamaan dari kinetika ekstraksi berbantu UAE oleoresin lada putih untuk masing-masing amplitudo.

Amplitudo ultrasonik A (%)	Persamaan garis	R ²	Konstanta laju ekstraksi k (l/g.menit)	Kapasitas ekstraksi saat saturasi C _s (g/l)
45	y = 0.0342x + 1.0409	0.98	1.1 × 10 ⁻³	29.24
60	y = 0.0331x + 0.8894	0.99	1.2 × 10 ⁻³	30.21
77	y = 0.0311x + 0.7747	0.99	1.3 × 10 ⁻³	32.15
90	y = 0.029x + 0.44	0.94	1.9 × 10 ⁻³	34.48

Tabel 3. Batas waktu ekstraksi maksimum oleoresin lada putih berbantu ultrasonik pada masing-masing amplitudo dengan α = 0.05.

Amplitudo ultrasonik A (%)	Waktu ekstraksi maksimum t _{max} (menit)	Kapasitas ekstraksi saat saturasi C _s (g/l)	Konsentrasi oleoresin C _t (g/l)	Efisiensi ekstraksi (%)
45	578.28	29.24	27.49	94.05
60	510.53	30.21	29.38	97.27
75	473.29	32.15	31.27	97.26
90	288.28	34.48	32.59	94.53

regresi pada konstanta laju ekstraksi adalah $k = 2 \times 10^{-5}A + 0.0003$ dan hasil regresi pada kapasitas ekstraksi saat saturasi adalah $C_s = 0.1178A + 23.57$. Nilai k digunakan sebagai faktor pengali karena dapat mempengaruhi cepat lambatnya nilai laju reaksi. Tingkat efisiensi ekstraksi akibat kenaikan energi amplitudo ultrasonik yang digunakan saat ekstraksi dapat ditunjukkan pada nilai C_s (Lubbu et al. 2018).

Persamaan dari nilai k dan C_s disubstitusikan ke dalam Persamaan (6) serta hasil yang diperoleh dilakukan penyerdehanaan untuk menghasilkan model C_t. Proses penyederhanaan ini akan menghasilkan Persamaan (11).

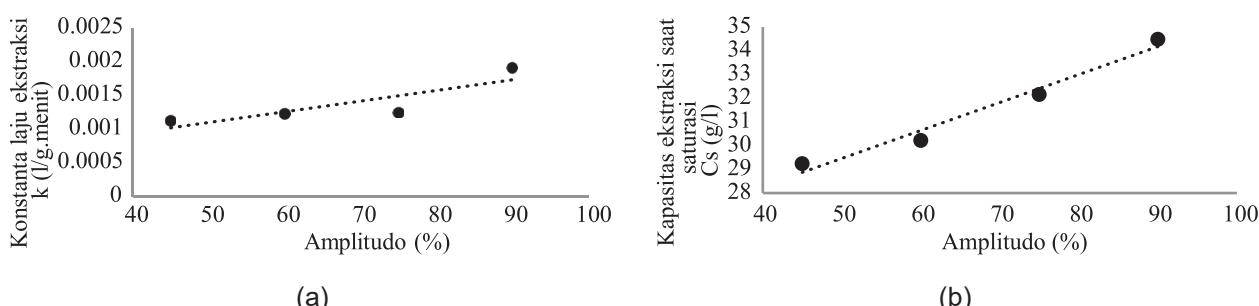
$$C_t = \frac{t(2 \times 10^{-5}A + 0.0003)(0.1178A + 23.57)^2}{1 + t(2 \times 10^{-5}A + 0.0003)(0.1178A + 23.57)} \quad (11)$$

Persamaan (11) yang diperoleh dan dikembangkan berdasarkan hasil dari nilai k dan C_s yang dihitung secara eksperimental. Variabel utama yang sangat mempengaruhi dari perolehan Persamaan (11) yaitu amplitudo yang digunakan. Semakin besar nilai amplitudo maka semakin besar

pula nilai konsentrasi ekstraksi yang dihasilkan.

Parameter waktu memiliki batasan maksimum agar konsentrasi ekstraksi yang dihasilkan tidak mengalami degradasi selama proses ekstraksi berbantu ultrasonik berlangsung. Batas waktu ekstraksi maksimum oleoresin lada putih berbantu ultrasonik pada masing-masing amplitudo ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 bahwa waktu ekstraksi maksimum yang paling lama adalah ekstraksi dengan amplitudo 45% yaitu 578.28 menit dengan konsentrasi oleoresin sebanyak 27.49 g/l, sedangkan waktu ekstraksi yang paling cepat adalah ekstraksi dengan amplitudo 90% yaitu 288.28 menit dengan konsentrasi oleoresin sebanyak 32.59 g/l. Kondisi ini disebabkan karena adanya energi kavitasi yang timbul sehingga terjadi proses pergerakan molekul pelarut yang cukup cepat dan mengakibatkan oleoresin lebih mudah terekstrak (Hashemi et al. 2017). Efisiensi yang dihasilkan pada perhitungan ini cukup tinggi yaitu diatas 90% untuk masing-masing amplitudo ultrasonik yang digunakan. Lubbu et al. (2018) melaporkan bahwa efisiensi ekstraksi berbantu UAE pada oleoresin pala menghasilkan



Gambar 3. Hubungan antara amplitudo dengan: (a) konstanta laju ekstraksi (k); dan (b) kapasitas ekstraksi saat saturasi (Cs).

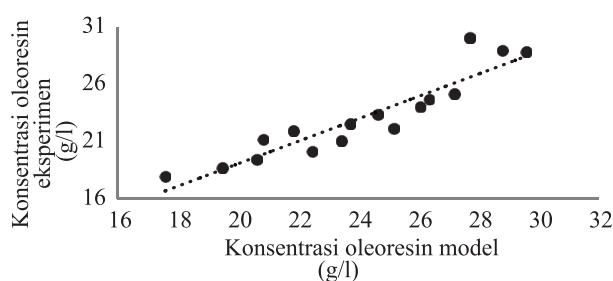
Tabel 4. Perbandingan nilai konsentrasi oleoresin lada putih (C_t) model terhadap hasil eksperimen.

Amplitudo oleoresin A (%)	Waktu t (menit)	Konsentrasi oleoresin C_t (g/l)		Galat (%)
		Eksperimen	Model	
45	45	17.92	17.59	1.85
45	60	18.64	19.49	4.58
45	75	21.14	20.85	1.37
45	90	21.90	21.86	0.18
60	45	19.40	20.65	6.45
60	60	20.06	22.48	12.07
60	75	22.49	23.75	5.59
60	90	23.30	24.67	5.88
75	45	21.01	23.47	11.69
75	60	22.09	25.20	14.09
75	75	24.60	26.38	7.22
75	90	25.10	27.22	8.44
90	45	23.99	26.09	8.79
90	60	30.01	27.73	7.59
90	75	28.90	28.82	0.29
90	90	28.76	29.59	2.89

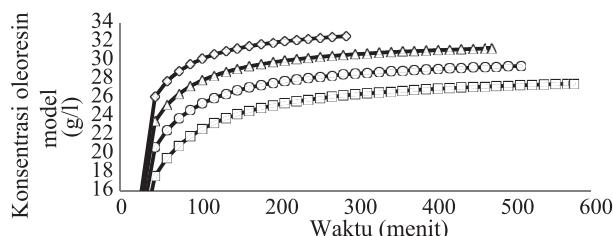
nilai yang cukup tinggi, yaitu lebih dari 90% untuk masing-masing amplitudo. Dimana kondisi idealnya yaitu 100% yang cukup sulit dicapai karena tidak semua oleoresin dalam sel dapat terekstrak keluar oleh pelarut akibat kompleksitas ekstraksi.

Validasi Model

Validasi model yang telah dikembangkan dengan membandingkan nilai C_t hasil eksperimen dan perhitungan model. Perbandingan nilai C_t hasil eksperimen dan perhitungan model ditunjukkan pada Tabel 4. Perbandingan nilai C_t ini kemudian diplot ke dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan nilai dari konsentrasi oleoresin lada putih (C_t) model dan eksperimen.



Gambar 5. Simulasi ekstraksi oleoresin lada putih berbantuan ultasonik pada amplitudo 45% (□), 60% (○), 75% (△), dan 90% (◇).

Berdasarkan Tabel 4 bahwa nilai konsentrasi oleoresin lada putih (C_t) hasil eksperimen dan perhitungan model memiliki nilai yang cukup mendekati. Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 4, menunjukkan tingkat akurasi yang baik. Koefisien determinasi yang dihasilkan dari perbandingan nilai C_t eksperimen dan perhitungan model adalah 0.85 dan nilai galat dari perhitungan model berkisar antara 0.18–14.09%. Kondisi ini menunjukkan bahwa model kinetika ordo kedua untuk memprediksi hasil konsentrasi oleoresin lada putih berbantu ultrasonik, dengan batasan amplitudo ultrasonik 20 kHz pada 45–90% dan waktu ekstraksi 45–90 menit dapat digunakan.

Simulasi Model

Hasil simulasi dari penggunaan pengembangan model kinetika ordo kedua pada Persamaan (7) untuk masing-masing amplitudo ultrasonik dan menggunakan waktu ekstraksi maksimum disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 nilai konsentrasi yang dihasilkan hanya mendekati nilai kapasitas oleoresin saat saturasi (C_s) dari masing-masing amplitudo ultrasonik. Kapasitas ekstraksi saat saturasi (C_s) menunjukkan efisiensi ekstraksi, dimana semakin mendekati nilai konsentrasi yang dihasilkan dengan kapasitas ekstraksi maka akan terjadi kenaikan yang sedikit (Lee et al. 2019).

Simpulan

Penggunaan amplitudo 90% dengan waktu ekstraksi 60 menit mampu menghasilkan rendemen terbesar yaitu 30.01 g/l. Nilai kapasitas ekstraksi saat saturasi (C_s) menggambarkan efisiensi

ekstraksi akibat penambahan gelombang ultrasonik, dengan nilai berkisar antara 29.24–34.48 g/l. Nilai konstanta laju ekstraksi (*k*) menjadi faktor pengali yang dapat mempercepat atau memperlambat proses ekstraksi untuk amplitudo 45–90% dan waktu ekstraksi 45–90 menit, dengan nilai berkisar antara 1.1×10^{-3} – 1.9×10^{-3} l/g.menit. Model kinetika ordo kedua dapat digunakan untuk karakterisasi ekstraksi oleoresin lada putih berbantu UAE ($R^2 = 0.85$; galat = 0.18–14.09%).

Daftar Pustaka

- Aryanti, N., N. Ainina, B. Nayunda, S. Rio, H.W. Dyah, C.K. Andri. 2018. Kinetics of ultrasound-assisted extraction of anthocyanin from purple roselle calyces under different ph conditions. Chemistry and Chemical Technology Vol.12(4):423–528. <https://doi.org/10.23939/chcht12.04.523>.
- Aziz, N.S., S.S.S. Noor, A.W.M. Wan. 2018. Functional properties of oleoresin extracted from white pepper (*Piper nigrum* L.) retting waste water. Sains Malaysiana Vol.47(9):2009–2015. <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4709-08>
- Baihaqi, B., I.W. Budiastra, Y. Sedarnawati, D. Emmy. 2018. Peningkatan efektivitas ekstraksi oleoresin pala menggunakan metode ultrasonik. JTEP Vol.6(3):249–254. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.249-254>
- Budiastra, I.W., A.P. Damanik, M.T.F Akbar. 2020. Effect of particle size of white pepper to yield and quality of oleoresin produced by using an ultrasonic-assisted extraction method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Scince*. The 3rd International Conference on Agreicultural Engineering for Sustainable Agriculture Production; 2019 October 14–15; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): IOP Publishing. 542(1):1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/542/1/012023>
- Budiastra, I.W., S.M. Sutrisno, A.A. Ahmuhardi. 2020. Pengaruh amplitudo ultrasonik dan waktu ekstraksi terhadap rendemen dan mutu oleoresin pala. JTEP Vol.8(2):45–52. <https://doi.org/10.19028/jtep.08.2.45-52>
- Centeno, M.R.G., F.C. Serra, A. Femenia, C. Rossello, S. Simal. 2014. Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): experimental kinetics and modelling. Ultrasonics Sonochemistry Vol.22(2015).506–514. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.05.027>
- Hashemi, S.M.B., S.H. Ghorashi, F. Hadizadeh, Z. Zarei, M. Yazdani, M. Noormohammadi. 2017. Effect of amplitude of ultrasound-assisted solvent extraction and extraction temperature on the kinetics, thermodynamics, antioxidant and antimicrobial activity of *Ocimum basilicum* L. extract. J Agr Sci Tech Vol.19:1517–1526.
- Idris, N.A.N., and Z.S. Ahmad. 2017. Comparison between conventional extraction and ultrasound assisted extraction of *Labisia pumila* Sp. in 25-L mobile extraction using water as solvent of extraction. AIDIC Vol.56(1):781–786.
- Indonesian Trade Promotion Center. 2013. Potensi Pasar Produk Spices di India. Kementerian Dalam Negeri.
- Lin, C.B., and Y.L. Chen. 2018. Solid-liquid extraction kinetics of total compounds (TPC) from red dates. *9th Eureca 2017 International Engineering Research Conference*. MATEC Web of Conference; 2017 Desember 6; Selangor, Malaysia. Les Ulis (FR): EDP Sciences. 152:1–17. DOI:10.1051/matecconf /20 1815201001.
- Lee, C.H., H.L. Ting, Y. Harisun, W. Syieluing, B.J. Hichem. 2019. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total flavonoids content from the white flowering variety of Melastome malabathricum. Jurnal Kejuruteraan SI Vol.2(1):91–102.
- Lubbu, M.A., I.W. Budiastra, Y. Aris Purwanto, S. Sutrisno. 2018. Numerical model development on ultrasound-assisted extraction process for production of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) oleoresin. Jurnal Matematika dan Sains Vol.23(1):16–20. <https://doi.org/10.5614/jms.2018.23.1.4>
- Olalere, O.A., H.A. Nour, R.A. Oluwaseun, A.H. Omar. 2017. Parametric optimization of microwave reflux extraction of spice oleoresin from white pepper (*Piper nigrum* L.). Journal of Analytical Science and Technology Vol.8(8):1–8. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0118-9>
- Rathod, S.S., and K.R. Virendra. 2014. Extraction of piperine from *Piper longum* using ultrasound. Industrial Crops and Products Vol.58:259–264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.040>
- Sofyana, S., M.D. Supardan, Z. Zuhra, A.M. Cut, H. Ulfa. 2013. Ultrasound assisted extraction of oleoresin from nutmeg (*Myristica fragrans* H.). International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Vol.3(4):18–21. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.3.4.298>
- Torres, N.M., A.T. Teresa, E.A. Hugo, S.C. Angeles, P. Neith. 2017. Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetables sources. Journal Agronomy Vol.7(3):1–19. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030047>

Halaman ini sengaja dikosongkan