

Program Studi* : Teknik Kimia

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



Ekstraksi Gingerol Dalam Rimpang Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Varietas *Rubrum*) Dengan Metode Ultrasonik

Oleh:

Ir. Herliati, MT, PhD (0311096901)

Wahyu Endranaka (2018710450057)

Satrio N. Prambudi (2018710450059)

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS JAYABAYA**

Jakarta, 9 Juli 2021

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



Ekstraksi Gingerol Dalam Rimpang Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Varietas *Rubrum*) Dengan Metode Ultrasonik

Oleh:

Ir. Herliati, MT, PhD (0311096901)

Wahyu Endranaka (2018710450057)

Satrio N. Prambudi (2018710450059)

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS JAYABAYA**

Jakarta, 9 Juli 2021

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Ekstraksi Gingerol Dalam Rimpang Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Varietas *Rubrum*) Dengan Metode Ultrasonik
2. Bidang Penelitian : Teknik Kimia
3. Ketua Peneliti
 - a. Nama lengkap dan Gelar : Ir. Herliati, M.T, Ph.D
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. Golongan/Pangkat/NIDN : IV.a/Pembina/0311096901
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Jabatan Struktural : Dekan
 - f. Fakultas/Program Studi : Teknologi Industri/Teknik Kimia
 - g. Pusat Penelitian : -
4. Alamat Ketua Peneliti:
 - a. Alamat Rumah : Jalan Flamboyan III Blok BG-03 RT 005/RW 015/
Sukahati
Cibinong/ 082114990298
 - b. Email : herliatimulyono@gmail.com
 - c. HP : 082114990298
5. Jumlah Anggota Peneliti : 2 Orang
 - a. Nama Anggota 1 : Wahyu Endranaka
 - b. Nama Anggota 2 : Satrio N. Prambudi
6. Lokasi Penelitian : P.T SOHO Industri Farmasi Indonesia Jakarta Timur.
7. Kerjasama dengan Institusi lain : -
 - a. Nama Institusi : -
 - b. Alamat : -
 - c. Telepon/Fax/E-mail : -
8. Lama Penelitian : 12 Bulan
9. Biaya yang diperlukan :
 - a. Sumber dari FTI-UJ : Rp 5.000.000,-
 - b. Sumber Lain : -

Mengetahui,
Ketua UP2P

Lukman Nulhakim, S.T, M.Eng
NIDN 0319089002

Cimanggis, 9 Juli 2021

Ketua Peneliti,

Ir. Herliati, MT, Ph.D
NIDN: 0311096901

Menyetujui
Dekan FTI-UJ

Herliati, M.T, Ph.D,
NIDN : 0311096901

Ringkasan

Gingerol adalah senyawa kimia yang terdapat dalam jahe merah yang banyak digunakan sebagai bahan obat analgesik. Umumnya ekstraksi gingerol dalam umbi jahe menggunakan metode ekstraksi soklet. Namun proses ini memiliki kelemahan yaitu proses yang lama dan yield yang belum memuaskan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh frekwensi ultrasonik untuk meningkatkan yield gingerol dalam proses ekstraksi. Beberapa variabel yang dipelajari pada penelitian ini yaitu waktu ekstraksi dengan variasi 30, 60, 90, dan 120 menit. Selain itu, juga diamati pengaruh metode ekstraksi solven dan ultrasonik dengan variasi frekwensi ultrasonik 40 dan 50 kHz. Sedangkan sebagai variabel tetap adalah pelarut etanol 96% dan suhu proses 50°C. Ekstrak gingerol yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari solven menggunakan Rotary vacuum Evaporator pada tekanan 350 mmHg. Analisis sampel secara kualitatif dilakukan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan juga scanning electron microscope (SEM) sedangkan analisis secara kuantitatif kandungan gingerol yang dihasilkan menggunakan instrumentasi *high performance liquid chromatography* (HPLC) merek *Waters Alliance e2695* dengan kolom X-Terra RP18 100 x 4,6 mm, 5 µm. Hasil penelitian menunjukkan tenaga ultrasonik berpengaruh secara signifikan terhadap hasil yang diperoleh dengan yield paling tinggi adalah 24,71% pada tenaga ultrasonik 50 kHz dengan waktu ekstraksi 120 menit.

Kata kunci: Ginger, HPLC, Rimpang, Soklet, SEM

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, laporan akhir ini dapat diselesaikan sebagai syarat menyelesaikan penelitian dengan dana Hibah Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dari berbagai pihak penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada anggota tim peneliti, BATAN yang telah memberikan fasilitas analisis SEM.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu Teknik kimia.

Jakarta, 9 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Sampul		i
Halaman Judul		ii
Halaman Pengesahan		iii
Ringkasan		iv
Prakata		v
Daftar Isi		vi
Daftar Tabel		vi
Daftar Gambar		Vii
Daftar Lampiran		
BAB I.	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang Penelitian	1
	1.2 Perumusan Masalah	1
	1.3 Tujuan Penelitian	1
	1.4 Luaran Penelitian	2
BAB II.	TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB III.	METODE PENELITIAN	11
	3.1 Diagram Alir Penelitian	11
	3.2 Set up Alat eksperimen	12
	3.3 Prosedur Penelitian	13
	3.4 Prosedur Pengujian Kualitatif (Identifikasi Gingerol)	14
	3.5 Prosedur Pengujian Kuantitatif (Kuantifikasi Gingerol)	15
	3.6 Analisis Data (Penentuan Yield)	16
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Persiapan Bahan Baku	18
	4.2 Proses Ekstraksi	18
	4.3 Uji Kualitatif (Identifikasi Gingerol) Metode Kromatografi Lapis Tipis	19
	4.4 Uji Kualitatif (Identifikasi Gingerol) Metode HPLC	20
	4.5 Uji Kesesuaian Sistem	21
	4.6 Pengaruh Ultrasonikasi terhadap Yield Gingerol	22
	4.7 Analisis Statistik	24
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	28
	DAFTAR PUSTAKA	29
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
	- Dokumentasi Hasil Penelitian	32
	- Surat Kontrak Pelaksanaan Penelitian	34
	- Luaran Hasil Penelitian	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Hal
Tabel 4.1	Uji Susut Pengeringan	19
Tabel 4.2	Hasil Uji Kesesuaian Sistem	22
Tabel 4.3	Perbandingan Ultrasonik dengan Ekstraksi solven terhadap Yield Gingerol	22
Tabel 4.4	ANOVA (Analysis of Variances)	25
Tabel 4.5	Jumlah Tiap Data Hasil Eksperimen	26
Tabel 4.6	Hasil Pengujian ANOVA 2 Jalur Dengan Interaksi	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Hal
Gambar 2.1	Struktur Kimia Gingerol	3
Gambar 2.2	HPLC Waters Alliance e2695	7
Gambar 2.3	Diagram Alir Kerja HPLC	7
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3.2	Setup Alat Ultrasonikasi	12
Gambar 3.3	(a) jahe kering; (b) serbuk jahe 40 mesh	13
Gambar 3.4	Proses Maserasi Serbuk Jahe dengan Solven selama 1 Jam	14
Gambar 3.5	Proses Ekstraksi Ultrasonik 40 dan 50 kHz	14
Gambar 3.6	Preparasi Larutan Standar dan Larutan Sampel	16
Gambar 4.1	Identifikasi Gingerol (A) Standar ; (B) Sampel	20
Gambar 4.2	Kromatogram Gingerol Standar	20
Gambar 4.3	Kromatogram Gingerol Sampel dengan 50 kHz, 120'	21
Gambar 4.4	Perbandingan % Yield Metode Solven dan Ultrasonik	23
Gambar 4.5	Hasil Uji SEM dari residu jahe. (a) Ekstraksi Solven perbesaran 1.500x (b) Ekstraksi Solven perbesaran 3.000x (c) Ekstraksi Ultrasonik perbesaran 1.500x (d) Ekstraksi Ultrasonik perbesaran 3.000x	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Nama Lampiran	Hal
Lampiran 1	Dokumentasi Hasil Penelitian	32
Lampiran 2	Surat Kontrak Pelaksanaan Penelitian	34
Lampiran 3	Luaran Hasil Penelitian	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG PENELITIAN

Secara tradisional Jahe merah digunakan sebagai pereda sakit kepala, menghilangkan bengkak, mengatasi sakit pada menstruasi, antiemetik, diuretik, stimulan, karminatif obat diare pada kolera, disentri dan emenagogum [1]. Sebagian wilayah tanah air Indonesia yang dingin dan subur merupakan tempat yang berpotensi tinggi bagi tumbuh suburnya tanaman rimpang seperti jahe merah sehingga dapat dikelola dan dimanfaatkan dengan baik [2]. Potensi keanekaragaman tanaman bermanfaat seperti jahe adalah salah satu aspek yang menjadi keunggulan Negara Indonesia.

Komponen kimia yang terkandung dalam jahe, yaitu gingerol memberi efek farmakologi dan fisiologi seperti antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antikarsinogenik, non-toksik, non-mutagenik dan antibakteri [3].

1.2. PERUMUSAN MASALAH

1.2.1. Rumusan Masalah:

Dengan metode konvensional, ekstraksi solven, waktu ekstraksi yang dibutuhkan lama dan hasil ekstraksi gingerol masih belum memuaskan sehingga perlu dilakukan metode lain untuk memperbaiki hal ini.

1.2.2 Variabel Penelitian:

Waktu ekstraksi: 30, 60, 90, dan 120 menit

Frekuensi ultrasonik: 40 dan 50 kHz.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

1.3.1. Tujuan Umum

Meningkatkan % Yield gingerol pada ekstraksi jahe merah menggunakan ultrasonik

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mempelajari pengaruh waktu ekstraksi terhadap % yield gingerol dalam jahe merah.

2. Mempelajari pengaruh tenaga ultrasonikasi terhadap % yield gingerol dengan etanol 96% sebagai solven pada suhu 50°C.

2.2 Luaran Penelitian

Luaran dari penelitian ini telah disubmit pada Jurnal Internasional: Innovative Food Science And Emerging Technologies.

Penerbit : Elsevier

Quartil: Q3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

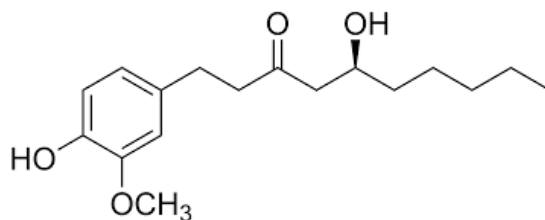
2.1. Tanaman Jahe

Tanaman jahe (*Zingiber officinale*) sangat mudah tumbuh dan telah banyak dibudidayakan di berbagai wilayah Indonesia [4]. Jahe merupakan tanaman rimpang dengan rasa dan aroma yang khas sehingga disukai banyak orang. Oleh karena itu, jahe ini sangat populer dikalangan masyarakat Indonesia. Jahe dikenal sebagai bumbu masakan, bahan baku minuman penghangat tubuh, dan obat-obatan [1]. Berdasarkan bentuk, ukuran, dan warna, terdapat tiga jenis jahe yang dikenal yaitu jahe putih kecil (*Zingiber officinale* var. *Amarum*), jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*), dan jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *Offinale*) [5]. Dalam penelitian ini menggunakan jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) yang memiliki struktur rimpang kecil berlapis-lapis dan daging rimpangnya berwarna merah hingga sampai merah, ukuran lebih kecil dari jahe sunti. Diameter rimpang dapat mencapai 4 cm dan tingginya antara 5,26-10,40 cm. Panjang rimpang dapat mencapai 12.50 cm [6]

Jahe memiliki kandungan komponen volatile oil, non-volatile oil (oleoresin), dan pati. Komponen oleoresin adalah sebagai pemberi rasa pedas dan pahit. Termasuk dalam komponen oleoresin yaitu gingerol [7]. Senyawa ini memberi efek farmakologi dan fisiologi seperti antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antikarsinogenik, non-toksik, non-mutagenik dan antibakteri [8]

2.2. Gingerol

Gingerol merupakan bahan alam yang terkandung didalam oleoresin jahe yang dapat digunakan sebagai bahan obat-obatan dengan komposisi 4 – 8 % massa jahe kering [5]. Struktur kimia dari gingerol dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 2.1 Struktur Kimia Gingerol

Komposisi oleoresin dalam jahe sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain waktu panen, lingkungan tumbuh (ketinggian tempat, curah hujan, jenis tanah), dan geografi [9]. Gingerol tidak tahan terhadap suhu tinggi karena pada suhu tinggi gingerol akan terkonversi menjadi shogaol. Oleh karena itu ekstraksi gingerol dari rimpang jahe segar dilakukan pada suhu rendah dengan menggunakan pelarut n-heksan yang memiliki titik didih rendah yaitu 68,73 °C [10]. Pada jahe segar, gingerol merupakan polifenol utama, seperti 6-gingerol, 8-gingerol, dan 10-gingerol [11]. Gingerol adalah homolog dari 1-(3-metoksi-4-hidroksi fenil)-3-keto-5-hydroxyhexane, dimana shogaol adalah dehidrasi produk gingerol, dan paradolnya adalah β -keton hidroksil merupakan produk deoksigenasi gingerol [12].

2.3 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan salah satu metode pemisahan berdasarkan perbedaan kelarutan. Ekstraksi secara umum didefinisikan sebagai proses pemisahan dan isolasi zat dari suatu zat dengan penambahan pelarut tertentu untuk mengeluarkan komponen campuran dari zat padat atau zat cair. Dalam hal ini fraksi padat yang diinginkan bersifat larut dalam pelarut (*solvent*), sedangkan fraksi padat lainnya tidak dapat larut. Proses tersebut akan menjadi sempurna jika solute dipisahkan dari pelarutnya, misalnya dengan cara disitilasi/penguapan [13].

Ekstraksi adalah proses penarikan komponen aktif dari suatu campuran padatan dan/atau cairan dengan menggunakan pelarut tertentu. Proses ini merupakan langkah awal yang penting dalam penelitian tanaman, karena preparasi ekstrak kasar tanaman merupakan titik awal untuk isolasi dan pemurnian komponen kimia yang terdapat dalam tanaman [14]. Disebutkan bahwa ekstraksi senyawa aktif dari tanaman teh adalah pemisahan secara fisik atau kimiawi dengan menggunakan cairan atau padatan dari bahan padat.

Perlakuan pendahuluan sebelum ekstraksi sangat penting untuk mempermudah proses ekstraksi. Perlakuan pendahuluan ini tergantung dari sifat senyawa yang terdapat dalam bahan yang akan diekstraksi [14]. Perlakuan pendahuluan untuk bahan yang mengandung minyak adalah dengan pengeringan dan pengecilan ukuran bahan. Pengeringan dilakukan sampai kadar air tertentu lalu dilanjutkan dengan penggilingan untuk mempermudah proses ekstraksi, serta mempermudah kontak antar bahan dengan pelarut sehingga ekstraksi berlangsung dengan baik [15].

Ekstraksi bahan alam, dapat dilakukan dengan cara perebusan, penyeduhan, maserasi, perkolasi atau cara lain yang sesuai dengan sifat bahan alam yang diekstraksi. Dalam suatu pemisahan yang ideal oleh ekstraksi pelarut, seluruh zat yang diinginkan akan berakhir dalam suatu pelarut sedangkan zat-zat yang tidak diinginkan berada pada pelarut yang lain. Ekstraksi ganda merupakan salah satu teknik pemisahan yang lebih akurat dibandingkan ekstraksi tunggal Ekstraksi pelarut adalah metode yang efektif untuk mengekstrak gingerol [16]. Di antara banyak pelarut organik, pelarut n-heksana adalah salah satu pelarut yang cocok untuk memisahkan gingeroloid yang optimal [14].

Pemilihan pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam ekstraksi. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus dapat menarik komponen aktif dari campuran. Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam memilih pelarut adalah selektivitas, sifat pelarut, kemampuan untuk mengekstraksi, tidak bersifat racun, mudah diuapkan dan harganya relatif murah. Perendaman suatu bahan dalam pelarut dapat meningkatkan permeabilitas dinding sel dalam tiga tahapan, yaitu masuknya pelarut ke dalam dinding sel tanaman atau pembengkakan sel, kemudian senyawa yang terdapat dalam dinding sel akan terlepas dan masuk ke dalam pelarut, diikuti oleh difusi senyawa yang terekstraksi oleh pelarut keluar dari dinding sel.

Jenis-jenis metode ekstraksi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

2.3.1 Ekstraksi Ultrasonik

Definisi umum ekstraksi yaitu proses pemisahan dan isolasi zat dari suatu zat dengan penambahan pelarut tertentu untuk mengeluarkan komponen campuran dari zat padat atau zat cair. Dalam hal ini fraksi padat yang diinginkan bersifat larut dalam pelarut (solvent), sedangkan fraksi padat lainnya tidak dapat larut [17]. Perlakuan pendahuluan sebelum ekstraksi sangat penting untuk mempermudah proses ekstraksi.

Perlakuan maserasi adalah pendahuluan sebelum menggunakan bantuan *ultrasound* (sinyal dengan frekuensi tinggi, di atas 20 kHz). Wadah yang berisi serbuk sampel ditempatkan dalam wadah *ultra-sonic* dan *ultrasound*. Hal ini dilakukan untuk memberikan tekanan mekanik pada sel hingga menghasilkan rongga pada sampel. Kerusakan sel dapat menyebabkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi [8] [13] [18] [19].

Dalam penelitian ini, dilakukan ekstraksi ultrasonik karena metode ini memiliki kelebihan dibanding dengan metode ekstraksi konvensional. Metode ini adalah metode

alternatif ekstraksi non-termal yang lebih efisien, lebih cepat dan memungkinkan pengurangan penggunaan pelarut, sehingga menghasilkan ekstrak murni dan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstraksi konvensional [20]. Gelombang ultrasonik merambat dalam medium padat, cair, dan gas. Getaran gelombang ultrasonik ditembakan ke dalam media cair sehingga, menghasilkan gelembung kavitasi yang akan menabrak dan merusak dinding sel, sehingga dengan rusaknya dinding sel akan dapat membebaskan kandungan senyawa yang ada didalamnya [21].

2.3.2 Soxhlet

Metode ini dilakukan dengan menempatkan serbuk sampel dalam sarung selulosa (dapat digunakan kertas saring) dalam klonsong yang ditempatkan di atas labu dan di bawah kondensor. Pelarut yang sesuai dimasukkan ke dalam labu dan suhu penangas diatur di bawah suhu reflux. Keuntungan dari metode ini adalah proses ekstraksi yang kontinyu, sampel terekstraksi oleh pelarut murni hasil kondensasi sehingga tidak membutuhkan banyak pelarut dan tidak memakan banyak waktu. Kerugiannya adalah senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi karena ekstrak yang di-peroleh terus-menerus berada pada titik didih. Reflux dan Destilasi Uap [13].

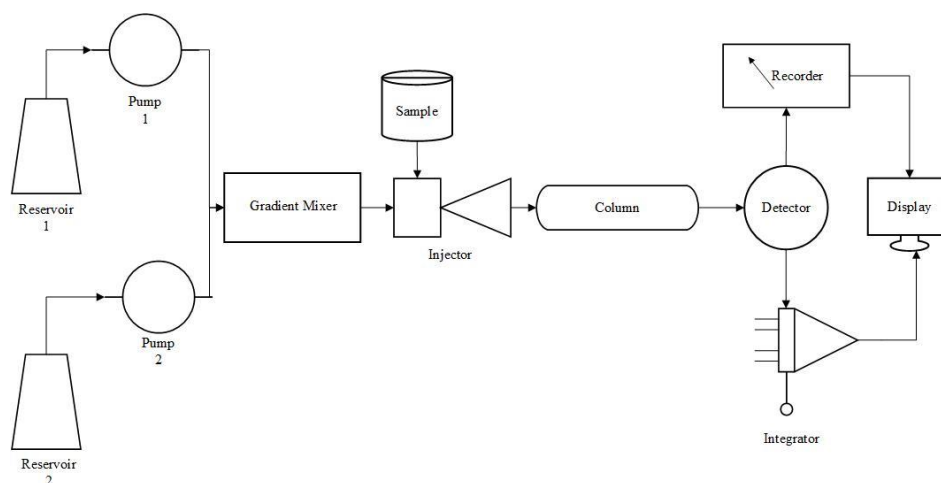
2.3.3 HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

HPLC adalah singkatan dari High Performance Liquid Chromatography atau dikenal juga dengan istilah KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi) merupakan salah satu teknik kromatografi untuk zat cair yang biasanya disertai dengan tekanan tinggi. Kromatografi adalah suatu teknik pemisahan molekul berdasarkan perbedaan pola pergerakan antara fase gerak dan fase diam untuk memisahkan komponen (berupa molekul) yang berada pada larutan. Molekul yang terlarut dalam fase gerak, akan melewati kolom yang merupakan fase diam. Pada penelitian ini digunakan HPLC Waters Alliance e2695 seperti dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 HPLC Waters Alliance e2695

HPLC adalah sebuah instrumen yang menggunakan prinsip kromatografi (pemisahan) untuk mengukur sampel. *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), merupakan teknik kromatografi cair (LC) yang digunakan untuk pemisahan berbagai komponen dalam campuran. HPLC juga digunakan untuk identifikasi dan kuantifikasi senyawa dalam proses pengembangan obat dan telah digunakan di seluruh dunia sejak beberapa dekade [22]. Diagram alir prinsip kerja HPLC dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Alir Kerja HPLC

Di dalam kolom terjadi pemisahan senyawa-senyawa dalam kolom akan keluar atas dasar kepolaran yang berbeda, sehingga akan mempengaruhi kekuatan interaksi antara senyawa terhadap fase diam. Senyawa-senyawa yang kurang kuat interaksinya dengan fase diam akan keluar terlebih dahulu, dan sebaliknya senyawa yang berinteraksi kuat dengan fase diam akan keluar lebih lama.

Senyawa yang keluar dari kolom akan dideteksi oleh detektor kemudian direkam dalam bentuk kromatogram. Dari kromatogram tersebut akan dapat diidentifikasi waktu retensi (t_R) dan luas area atau tinggi puncak. Informasi t_R digunakan untuk analisis kualitatif, sedangkan informasi luas area atau tinggi puncak untuk analisis kuantitatif [22].

HPLC terdiri atas beberapa komponen utama yang digunakan dalam analisis sampel. Komponen HPLC terdiri dari:

1. Fase gerak dan reservoir pelarut

Fase gerak pada HPLC harus menggunakan pelarut dengan kemurnian sangat tinggi. Idealnya, pelarut khusus yang memang sudah memenuhi standard untuk HPLC dipergunakan untuk hasil yang lebih akurat. Reservoir pelarut merupakan wadah penyimpanan fase gerak, biasanya berbentuk botol kaca dengan selang penghubung.

2. Pompa

Pompa yang digunakan dalam HPLC haruslah pompa bertekanan tinggi agar dapat mendorong fase gerak dalam reservoir menuju kolom fase diam dan melewati detektor. Tekanan yang digunakan beragam tergantung dari dimensi kolom, ukuran partikel fase diam, serta laju alir dan komposisi dari fase gerak yang akan dipakai.

3. Injektor

Injektor merupakan tempat masuknya sampel ke dalam sistem HPLC. Proses injeksi dapat dilakukan secara manual dengan *syringe* atau dengan menggunakan sistem injeksi otomatis. Injektor pada HPLC harus dapat menampung sampel cairan dalam kisaran volume 0.1-100 ml.

4. Sampel

Sampel yang dapat dianalisis menggunakan HPLC harus bersifat bening dan tidak ada endapan, untuk itu preparasi sampel diperlukan sebelum dianalisis, misalnya dengan melakukan filtrasi sampel. Preparasi lain dapat pula dilakukan sesuai kebutuhan seperti mengatur konsentrasi sampel, *desalting*, dan lain-lain.

5. Kolom HPLC

Aktivitas utama dalam HPLC terjadi di dalam kolom sebagai fase diam. Di dalam kolom akan terjadi pemisahan komponen sampel yang kemudian dapat dihitung waktu retensi masing-masing komponennya oleh detektor. **Waktu retensi** adalah waktu yang dibutuhkan oleh senyawa komponen sampel untuk melewati kolom menuju detektor. Waktu retensi dihitung dari saat sampel diinjeksikan hingga puncak pembacaan maksimum pada detektor. Senyawa yang berbeda akan memiliki waktu yang berbeda sehingga masing-masing konsentrasinya dapat dihitung.

6. Detektor

Alat ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan komponen yang telah melewati kolom dan memberikan sinyal elektronik pada pengolah data. Terdapat beberapa jenis detektor HPLC tergantung dari karakteristik yang hendak dibaca. Misalnya pada detektor jenis *UV-Visible*, maka karakteristik yang dibaca oleh detektor adalah absorbansinya. Detektor jenis lain yang bisa digunakan adalah detektor indeks bias, fluoresensi, serta detektor elektrokimia.

7. Pengolahan data

Pengolah data menampilkan output visual hasil analisis yang terbaca oleh detektor dalam bentuk kromatogram. Kromatogram menggambarkan jumlah komponen pada sampel dilihat dari jumlah puncak (*peak*) yang dihasilkan. Konsentrasi komponen yang hendak dianalisis dapat dihitung dengan membandingkan luas area *peak* komponen dengan luas area *peak* serta konsentrasi standar.

Analisis dengan HPLC ini mempunyai beberapa kelebihan seperti mudah dioperasikan dan mempunyai kapasitas pemisahan yang tinggi sehingga metode analisis ini dijadikan sebagai preferensi dalam hal identifikasi molekul senyawa organik. Di samping kelebihan yang ada, HPLC juga memiliki kelemahan yakni sering mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi dengan tepat seluruh puncak kromatogram pada pemisahan [23].

2.3.4 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah alat yang dapat membentuk bayangan permukaan spesimen secara mikroskopik. Berkas elektron dengan diameter 5-10 nm diarahkan pada spesimen. Interaksi berkas elektron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas elektron, sinar X, elektron sekunder dan absorpsi elektron [24].

Pengujian SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisa morfologi. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari bentuk morfologi atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan morfologi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan [25].

Gambar morfologi diperoleh dari penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan ditangkap oleh oleh detektor dan diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar yang khas yang menggambarkan struktur permukaan spesimen. Selanjutnya gambar dimonitor dapat dipotret dengan menggunakan film hitam putih [25].

Prinsip kerja SEM adalah sebagai berikut :

- a. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filamen. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik laju electron melaju menuju ke anoda.
- b. Lensa magnetik memfokuskan electron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar electron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- d. Ketika electron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan electron, baik *Secondary Electron (SE)* atau *Back Scattered Electron (BSE)* dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

1. Persiapan jahe merah
2. Maserasi
3. Ekstraksi ultrasonikasi
4. Filtrasi
5. Evaporasi
6. Analisis produk

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan September 2020 sampai bulan Desember 2020. Dilakukan di laboratorium PT. SOHO Industri Pharmasi yang berada di Jl. Pulogadung No.6, Kota Jakarta Timur.

3.1.2. Alat dan Bahan

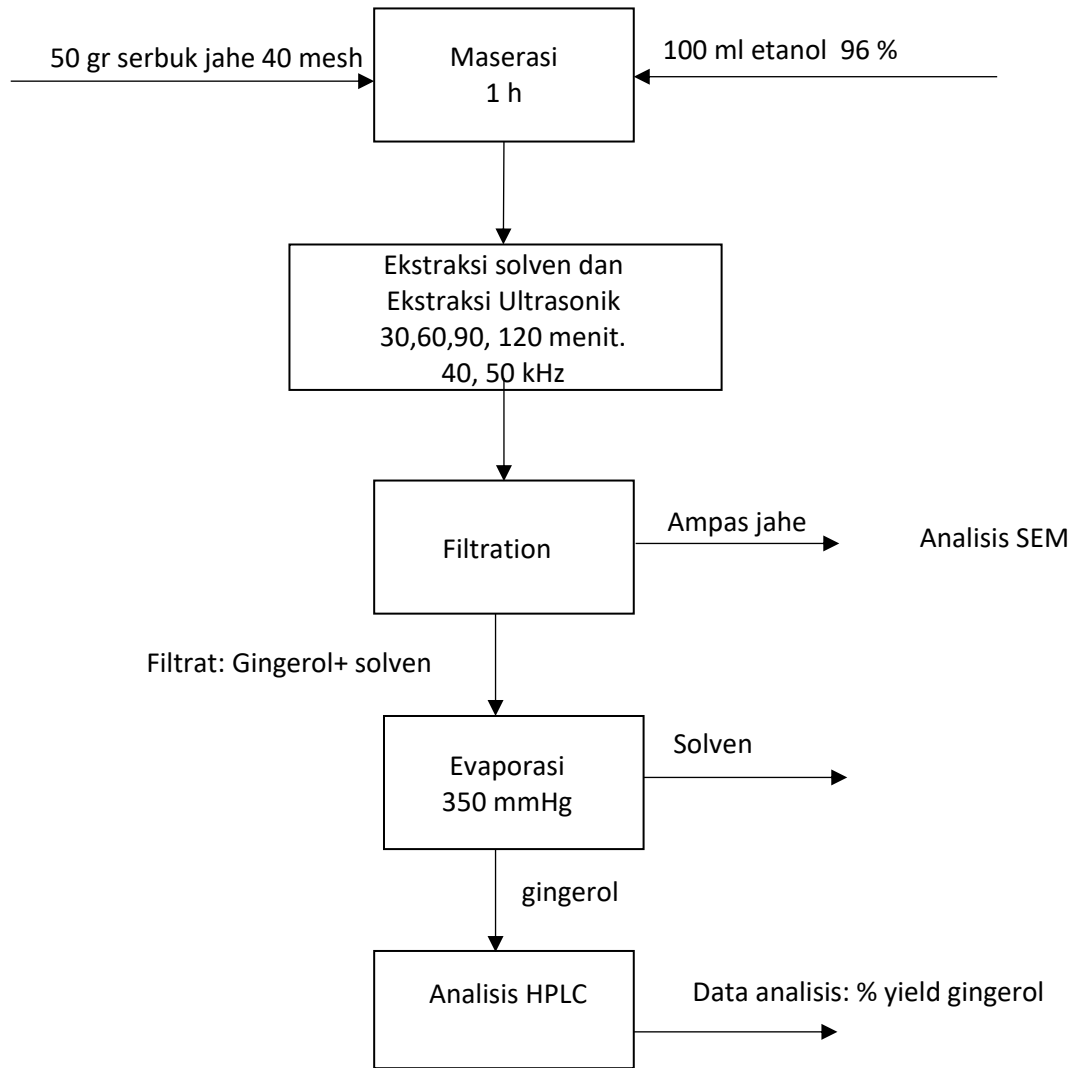
a. Alat

Pisau; Alumunium foil; Alat gelas; Blender; Chamber; Plate Silica Gel 60 F₂₅₄; Desikator; Timbangan analitik; Rotary Evaporator Heidolph Laborota 4003; Ultrasonik Branson 5510; Oven; Sheaker; Botol fase gerak; *Waterbath*; HPLC Waters Alliance e2695 (PT Kromtekindo Utama, German) - Kolom X Terra RP 18 (ukuran partikel 5 µm, 100 x 4.6 mm); Mesh 40 Retsch.

b. Bahan

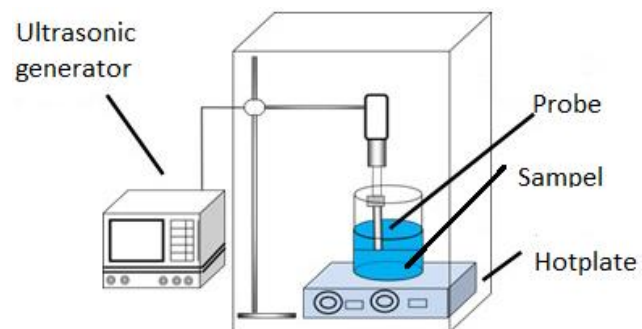
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jahe merah; Etanol 96%; Standar Ext. Zingiber Officinale; Aquadest; HCl pekat; Asetonitril; Asam fospat 85%; Kloroform.

Diagram Penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Setup Alat Penelitian



Gambar 3.2 Setup Alat Ultrasonikasi

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Bahan

Rimpang jahe merah segar dicuci untuk menghilangkan pengotor dan ditiriskan. Kemudian diiris dengan ketebalan kurang lebih 6 -7 mm dan dipanaskan dalam oven pada suhu 70°C selama 15 menit agar kadar air berkurang. Kemudian suhu diturunkan pada oven hingga kurang lebih 40-50 °C. Pengeringan dianggap selesai apabila simplisia dapat dipatahkan ketika diremas dengan tangan. Simplisia jahe yang telah dikering ditumbuk dan diblender kemudian diayak dengan mesh ukuran 40 sebagaimana disajikan pada Gambar 3.3. Proses pengecilan ukuran jahe merah bertujuan untuk memperluas area permukaan sehingga meningkatkan bidang kontak antara pelarut dan solut pada saat proses ekstraksi [26]. Bubuk yang diperoleh selanjutnya ditimbang sebanyak 50 gram.



Gambar 3.3 (a) jahe kering; (b) serbuk jahe 40 mesh

3.3.2 Proses maserasi dan ekstraksi

Tahap berikutnya adalah proses pencampuran jahe merah dengan solven dengan rasio volume 1:4 direndam selama 1 jam dan dilanjutkan dengan proses ekstraksi menggunakan metode soklet (Gambar 3.4) dan ultrasonik (Gambar 3.5). Sebanyak 50 gram jahe merah diekstrak dengan bervariasi tenaga ultrasonik dari 40 dan 50 kHz. Hal ini dilakukan untuk memberikan tekanan mekanik pada sel hingga menghasilkan rongga pada sampel [27]. Sedangkan variasi waktu pada proses ekstraksi diamati pada 30, 60, 90, dan 120 menit.



Gambar 3.4 Proses Maserasi Serbuk Jahe dengan Solven selama 1 Jam



Gambar 3.5 Proses Ekstraksi Ultrasonik 40 dan 50 kHz

3.4. Prosedur Pengujian Kualitatif (Identifikasi Gingerol)

Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT):

Kondisi Kromatografi :

Plate Silica Gel 60 F254; Fase gerak: Kloroform; Methanol (95 : 5); Detektor: UV 254 nm; Jarak rambat : 10 cm; Waktu penjenuhan: 2 Jam.

Persiapan Larutan standar:

Disiapkan 100 mg standar kerja *Ext. zingiber officinale*, masukkan kedalam labu ukur 25 ml. Kemudian tambahkan etanol 96% sampai batas tera sambil diaduk agar homogen. Setelah itu, saring larutan dengan kertas saring sehingga didapatkan filtrat.

Persiapan Larutan Sampel:

Ditimbang 2,5 gram serbuk jahe 40 mesh, masukkan kedalam labu ukur 25 ml. Kemudian tambahkan etanol 96% sampai batas tera sambil diaduk agar homogen. Lalu saring larutan dengan kertas saring sehingga didapatkan filtrat.

Prosedur Pengujian dan Pembacaan Hasil Uji: Teteskan 10 µl filtrat standar dan sampel diatas plate, biarkan kering. Kemudian elusikan pada lintasan 10 cm dengan fase gerak didalam *chamber*. Angkat *plate*, lalu keringkan pada suhu ruang didalam lemari asam. Amatilah kromatogram yang tampak. Kemudian tampak bercak coklat pada kromatogram dengan nilai $R_f \pm 0,7$.

Metode HPLC:

Peparasikan larutan sampel dan larutan standar sesuai dengan penetapan uji kuantitatif kadar gingerol. Lalu bandingkan waktu retensi larutan sampel dengan waktu retensi larutan standar pada uji kuantitatif kadar gingerol. Hasil idenifikasi positif jika waktu retensi larutan sampel menyerupai waktu retensi larutan standar.

3.5. Prosedur Pengujian Kuantitatif (Kuantifikasi Gingerol)

Metode HPLC

Merk HPLC	: Waters Alliance e2695
Kolom	: X-Terra RP18 100 x 4,6 mm;5 µm
Detektor	: UV 280 nm
Fase gerak	: A = Fase gerak A B = Asetonitril
Volume injeksi	: 20 µl
Laju alir	: 1,5 ml/menit
Waktu elusi	: 8,01 menit
Waktu retensi	: 6-gingerol ± 1,5 menit

Preparasi larutan Standar:

Ditimbang 50 mg standar kerja *Ext. Zingiber officinale* dan masukkan ke dalam labu ukur 50 ml. Kemudian tambahkan 20 ml metanol, ultrasonik selama 10 menit. Lalu tambahkan metanol hingga batas tera sambil diaduk agar homogen. Berikutnya, dipipet 5 ml kemudian

masukkan kedalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan metanol hingga batas tera sambil diaduk agar homogen. Larutan tersebut disaring dengan membran filter 0,45 µm. Terakhir, Injeksikan larutan kedalam alat HPLC.

Preparasi larutan sampel:

Ditimbang sampel ekstrak kental jahe sebanyak 50 mg dan masukkan ke dalam labu ukur 50 ml. Kemudian tambahkan 20 ml metanol, ultrasonik selama 10 menit. Lalu tambahkan metanol hingga batas tera sambil diaduk agar homogen. Larutan tersebut disaring dengan membran filter 0,45 µm. Terakhir, Injeksikan larutan kedalam alat HPLC.



Gambar 3.6 Preparasi Larutan Standar dan Larutan Sampel

Prosedur Pembacaan:

Injeksikan larutan standar sebanyak 6 kali, rekam kromatogram dan perhatikan uji kesesuaian sistem (RSD baku $\leq 2\%$). Jika uji kesesuaian sistem terpenuhi, injeksikan larutan sampel dan rekam kromatogram.

3.6. Analisis Data (Penentuan Yield)

Perhitungan yield yang digunakan adalah sebagai berikut [28]:

$$\% \text{ Yield} = \frac{W_{\text{ekstrak}} \times V_{\text{total ekstrak}}}{W_{\text{bahan baku}}} \times 100 \quad (3.1)$$

Dimana [28]:

W_{ekstrak} = berat ekstrak dalam 1 ml sampel (g/ml)

$V_{\text{total ekstrak}}$ = volume total ekstrak (ml)

$W_{\text{bahan baku}}$ = berat kunyit yang diekstrak

Pengumpulan data percobaan diambil melalui cara single.

Kemudian dilakukan juga analisis statistik guna menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara data menggunakan metode analisis ragam (*Analysis of Variance* atau ANOVA) dua jalur dengan tingkat signifikansi 5%.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Bahan Baku

Rimpang jahe merah segar dicuci untuk menghilangkan pengotor dan ditiriskan. Kemudian diiris dengan ketebalan kurang lebih 6-7 mm dan dipanaskan dalam oven pada suhu 70°C selama 15 menit agar kadar berkurang. Kemudian suhu diturunkan pada oven hingga kurang lebih 40-50 °C. Pengeringan dianggap selesai apabila simplisia dapat dipatahkan ketika diremas dengan tangan. Simplisia jahe yang telah dikering ditumbuk dan diblender kemudian diayak dengan mesh ukuran 40 sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.3.

4.2. Proses Ekstraksi

Sebanyak 50 gram serbuk jahe merah ditimbang dan dimasukkan kedalam erlermeyer untuk dicampur dengan 100 ml etanol 95%. Campuran diaduk menggunakan sheaker selama masing-masing 30, 60, 90 dan 120 menit. Sehingga didapatkan 4 variasi sampel uji. Campuran kemudian didiamkan selama 1 jam pada suhu ruang, untuk memastikan proses ekstraksi berlangsung yang maksimal. Setelah itu, campuran disaring dengan kertas saring sehingga filtrat dan padatan terpisah. Dilakukan uji SEM terhadap ampas padatan. Sementara filtrat yang didapat kemudian dimasukkan kedalam vacuum rotary evaporator dengan suhu 50 °C untuk memisahkan solven sehingga diperoleh ekstrak kental yang kemudian dilakukan uji kuantitatif kandungan gingerol menggunakan HPLC.

Sebanyak 50 gram serbuk jahe merah ditimbang dan dimasukkan kedalam erlermeyer untuk dicampur dengan 100 ml ethanol 96%. Selanjutnya diberikan daya ultrasonik terhadap larutan tersebut pada frekuensi 40 dan 50 kHz selama masing-masing 30, 60, 90 dan 120 menit. Sehingga didapatkan 8 variasi sampel uji. Setelah itu, campuran disaring untuk memisahkan filtrat dan padatan/ampas. Ampas yang diperoleh kemudian dilakukan uji SEM, sedangkan filtrat yang dimasukkan kedalam rotary evaporator pada suhu 50 °C

untuk memisahkan solven sehingga didapat ekstrak kental yang kemudian dilakukan uji kuantitatif kandungan gingerol menggunakan HPLC.

Untuk menentukan yield gingerol dari setiap sampel mengacu pada persamaan (3.1), sedangkan Tabel 4.1 memperlihatkan hasil uji susut pengeringan. Susut Pengeringan merupakan prosedur yang digunakan untuk melakukan penetapan jumlah semua jenis bahan yang mudah menguap dan hilang pada kondisi tertentu. Hal ini dapat menggambarkan bahwa susut pengeringan mencakup kadar air, dan kadar bahan lainnya yang dapat menguap. Pada percobaan kali ini didapat hasil pada sampel jahe merah sebesar 8,72 % dimana syarat susut pengeringan untuk simplisia jahe tidak lebih dari 10% [29]. Hal ini menandakan bahwa sampel jahe pada percobaan ini memenuhi syarat dan dapat dilakukan pengujian selanjutnya.

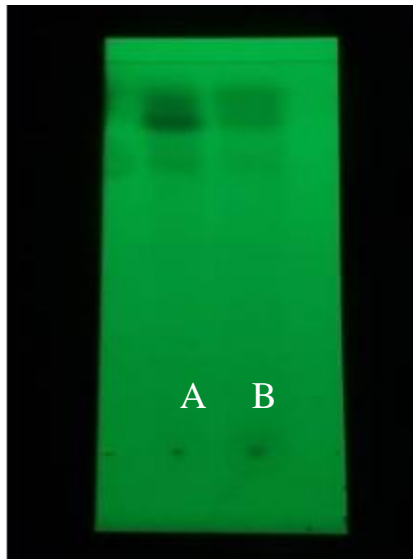
Tabel 4.1 Uji Susut Pengeringan

Sampel	Bobot sampel awal	Bobot Sampel Akhir	Kadar (%)
1	1,05688	0,09227	8,73
2	1,00942	0,08796	8,71
Rata-rata			8,72

4.3. Uji Kualitatif (Identifikasi Gingerol) Metode Kromatografi Lapis Tipis

Metode Kromatografi Lapis Tipis adalah metode dimana nilai faktor retensi atau *retention factor* (Rf) dari sampel jahe yang dilakukan pada penelitian ini dibandingkan dengan nilai Rf dari standar. Nilai Rf merupakan perbandingan jarak senyawa pada permukaan fase diam terhadap jarak yang ditempuh oleh pelarut sebagai fase gerak.

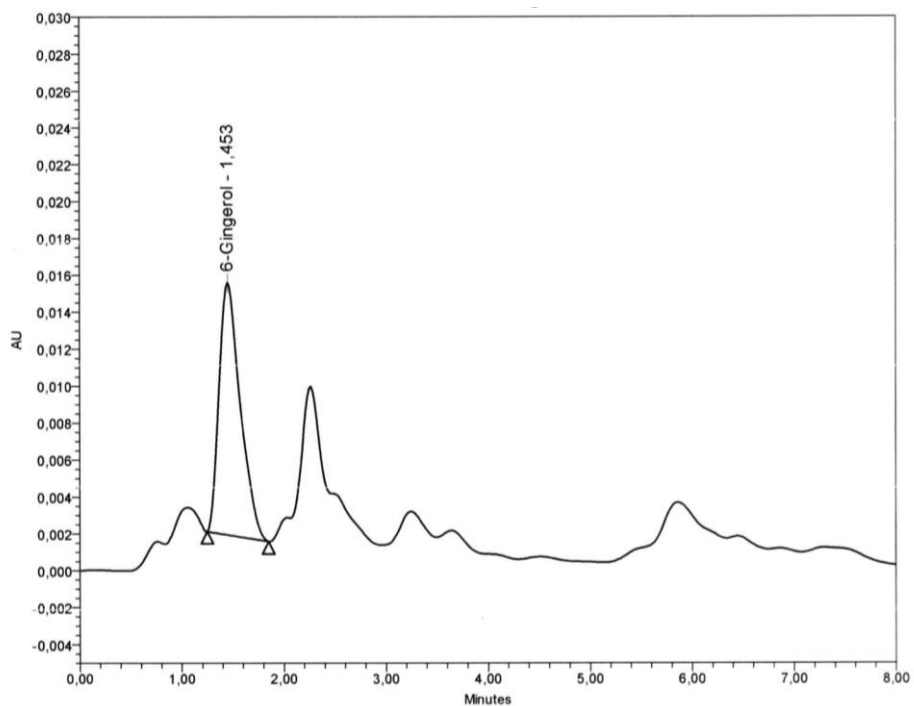
Nilai Rf senyawa yang diduga sebagai senyawa aktif gingerol adalah *spot* coklat dengan nilai Rf $\pm 0,7$. Pada percobaan sampel jahe muncul *spot* coklat dengan jarak rambat 6,9 cm dengan jarak rambat pelarut 10 cm sehingga didapat nilai Rf 0,69 dan pada percobaan standar muncul *spot* coklat dengan nilai Rf 0,69. Hal ini membuktikan bahwa senyawa gingerol teridentifikasi dalam hasil penelitian yang dilakukan seperti terlihat pada Gambar 4.1.



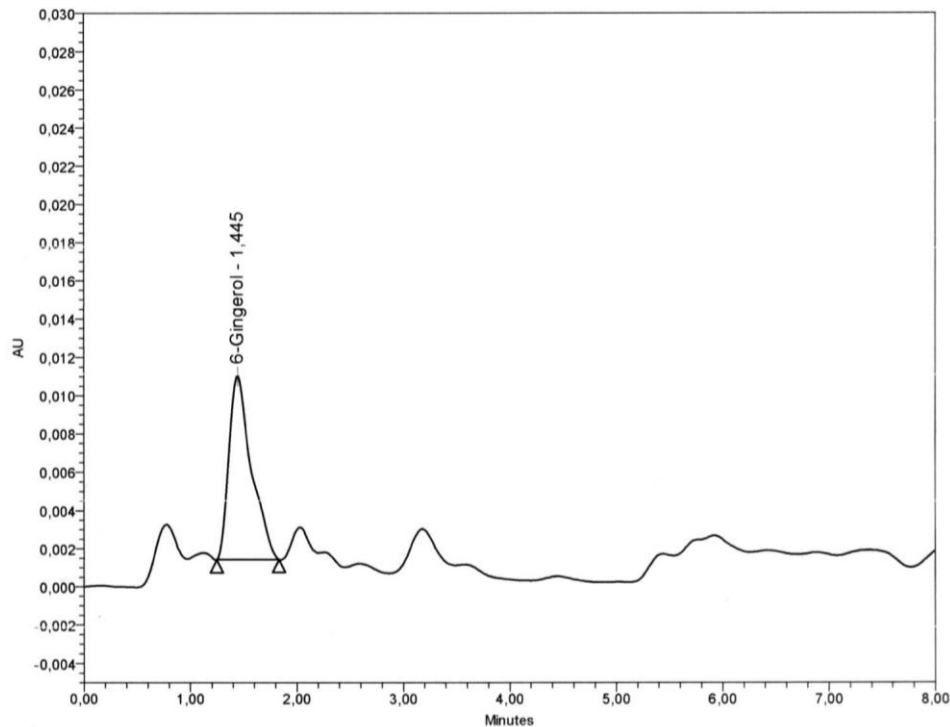
Gambar 4.1 Identifikasi Gingerol (A) Standar ; (B) Sampel

4.4. Uji Kualitatif (Identifikasi Gingerol) Metode HPLC

Identifikasi gingerol dengan metode HPLC didapat dengan membandingkan waktu retensi atau *retention time* (RT) hasil pengukuran sampel uji dengan standar. Waktu retensi adalah waktu yang dibutuhkan oleh senyawa komponen sampel untuk melewati kolom menuju detektor. Waktu retensi dihitung dari saat sampel diinjeksikan hingga puncak pembacaan maksimum pada detektor.



Gambar 4.2 Kromatogram Gingerol Standar



Gambar 4.3 Kromatogram Gingerol Sampel dengan 50 kHz, 120'

Pada percobaan ini waktu retensi senyawa gingerol pada standar muncul dimenit ke 1,45 dan untuk sampel uji senyawa gingerol muncul dimenit ke 1,45. Dari hasil tersebut didapatkan waktu retensi antara standar dan sampel uji muncul dimenit yang sama mengidentifikasi hasil positif untuk senyawa gingerol pada penelitian yang dilakukan.

4.5. Uji Kesesuaian Sistem

Uji kesesuaian sistem dilakukan sebelum pembacaan larutan sampel dengan cara menginjeksi larutan standar sebanyak 6 kali, uji dinyatakan berhasil jika RSD area dan *retention time* didapat $\leq 2\%$. Dari percobaan ini didapat RSD area rata-rata sebesar 0,3% dan retention time sebesar 0,1 %. Uji kesesuaian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah metode yang telah divalidasi sebelumnya masih dapat digunakan dan agar hasil dari pengukuran dapat dinyatakan valid sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Kesesuaian Sistem

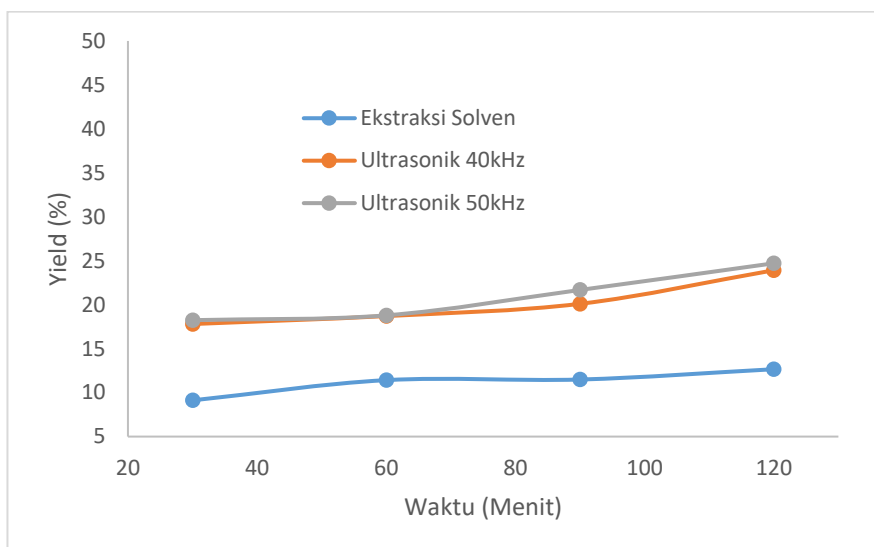
No	Nama	Retention Time	Area
1	<i>STD Ext Zingiber Officinale-1</i>	1,5	196148
2	<i>STD Ext Zingiber Officinale-2</i>	1,5	195684
3	<i>STD Ext Zingiber Officinale-3</i>	1,5	195642
4	<i>STD Ext Zingiber Officinale-4</i>	1,5	194837
5	<i>STD Ext Zingiber Officinale-5</i>	1,5	194774
6	<i>STD Ext Zingiber Officinale-6</i>	1,5	196182
Rata-rata		1,5	195545
%RSD		0,1	0,3

4.6. Pengaruh Ultrasonikasi terhadap Yield Gingerol

Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa *yield* yang dihasilkan meningkat dengan bertambahnya frekuensi ultrasonik yang digunakan beserta lamanya waktu ekstraksi dan didapat hasil terbesar yaitu 24.71% pada frekuensi 50 kHz dengan waktu ekstraksi 120 menit. Sedangkan untuk metode ekstraksi solven didapatkan kadar terbesar yaitu 12.66%. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa metode ultrasonik lebih banyak menghasilkan *solute* dibandingkan metode ekstraksi solven.

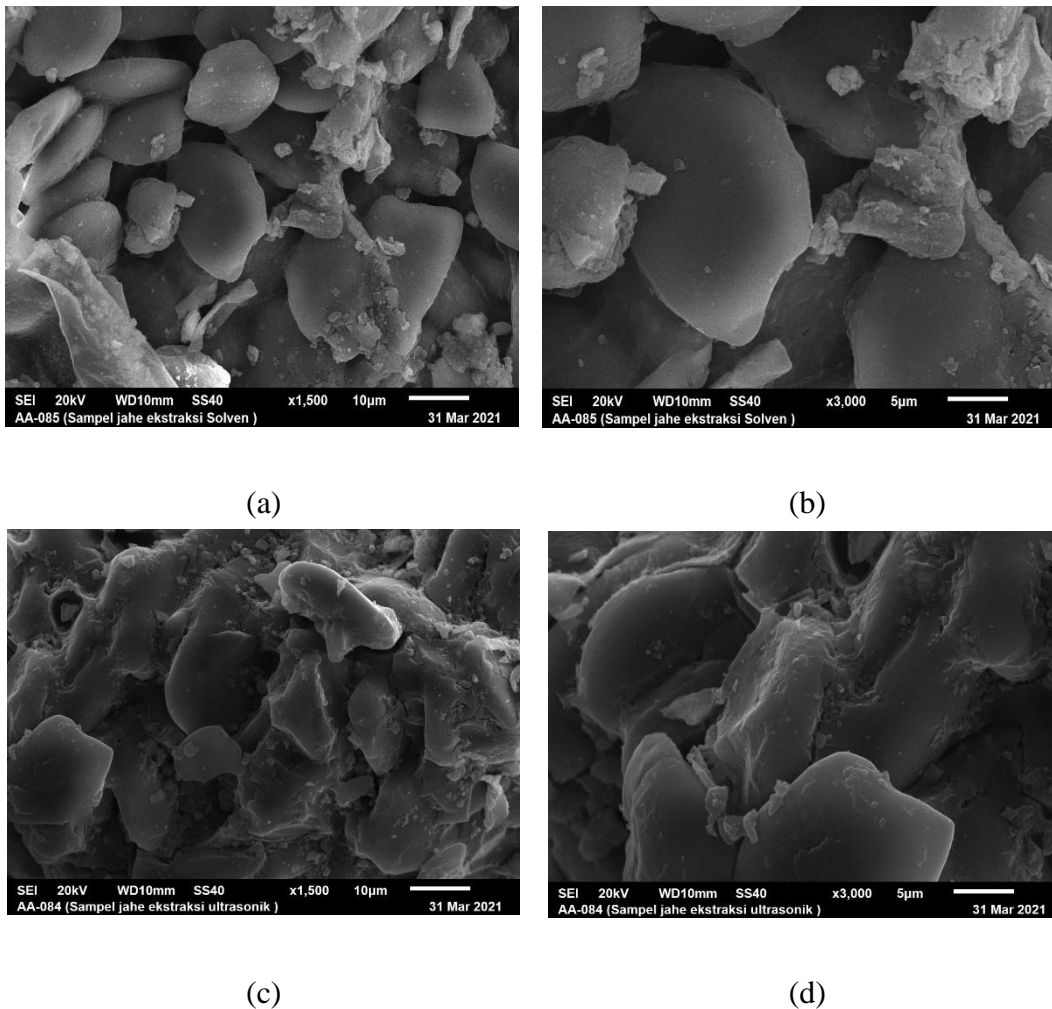
Tabel 4.3 Perbandingan Ultrasonik dengan Ekstraksi solven terhadap *Yield* Gingerol

Waktu (menit)	<i>Yield (%)</i>		
	Ekstraksi Solven	Ekstraksi Ultrasonik dengan Frekuensi (kHz)	
		40	50
30	9.12	17.80	18.24
60	11.42	18.71	18.79
90	11.49	20.10	21.68
120	12.66	23.92	24.71



Gambar 4.4 Perbandingan %Yield Metode Solven dan Ultrasonik

Untuk mengkonfirmasi pengaruh metode ultrasonik terhadap sampel jahe juga dilakukan analisis morfologi pada permukaan residu sisa hasil ekstraksi menggunakan SEM. Gambar 4.5 menunjukkan hasil yang diperoleh dengan SEM pada jahe hasil ekstraksi solven dan ekstraksi ultrasonik. Berdasarkan gambar 4.5 hasil ekstraksi solven terlihat jelas bahwa permukaan sampel tampak masih mulus dan tidak ada celah atau pori-pori. Namun pada sampel setelah ekstraksi ultrasonik terdapat retakan dan pori-pori serta terlihat kasar pada permukaannya. Mikrograf tersebut menunjukkan bahwa morfologi permukaan jahe mengalami perubahan setelah ekstraksi ultrasonik. Hal ini dikarenakan daya ultrasonik pada metode ekstraksi ultrasonik memberikan tekanan mekanik pada jaringan sampel jahe sehingga menghasilkan kerusakan sel pada sampel yang digunakan. Kerusakan sel dapat meningkatkan kelarutan senyawa dalam pelarut yang digunakan yang pada akhirnya dapat meningkatkan *yield* ekstraksi [30]. Sepanjang pengamatan selama proses ekstraksi, hasil terbaik diperoleh pada frekuensi ultrasonik 50 kHz dan waktu ekstraksi 120 menit.



Gambar 4.5 Hasil Uji SEM dari residu jahe. (a) Ekstraksi Solven perbesaran 1.500x (b) Ekstraksi Solven perbesaran 3.000x (c) Ekstraksi Ultrasonik perbesaran 1.500x (d) Ekstraksi Ultrasonik perbesaran 3.000x

4.7. Analisis Statistik

Untuk melihat pengaruh dua variabel yang digunakan terhadap hasil eksperimen, dilakukan uji ANOVA dua jalur. Pada penelitian ini dengan mengubah metode ekstraksi dan waktu ekstraksi secara serentak akan diuji pengaruh masing- masing variabel pada hasil ekstraksi.

Pada penelitian ini, sebagai faktor baris dengan r perlakuan (level) adalah waktu ekstraksi dan faktor kolom dengan c perlakuan (level) adalah metode ekstraksi yang digunakan. Pengamatan pada setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 2 kali. Sebagaimana diterangkan dalam literatur bahwa pengamatan disajikan dalam bentuk tabel atau matrik, maka akan terdapat rc sel yang setiap selnya memuat n data. Misalkan x_{ijk} menyatakan pengamatan ke- k yang diambil

pada perlakuan ke-i dari faktor baris, dan perlakuan ke-j dari faktor kolom. Setiap pengamatan dapat dituliskan dalam bentuk :

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad \text{untuk } i=1,2,\dots,r, j=1,2,\dots,c, \text{ dan } k=1,2,\dots,n$$

dimana:

x_{ijk} : pengamatan perlakuan ke-i faktor Baris dan perlakuan ke-j faktor Kolom

μ : rata-rata umum

α_i : pengaruh faktor Baris perlakuan ke-i

β_j : pengaruh faktor Kolom perlakuan ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi antara faktor Baris perlakuan ke-i dengan faktor Kolom perlakuan ke-j

ε_{ij} : error random dari pengamatan pada blok ke-i yang mendapat perlakuan ke-j.

Hipotesis yang akan diuji yaitu pengujian pengaruh variasi waktu dan metode ekstraksi serta pengujian interaksi antara kedua variabel yaitu:

- a. $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$ (tidak ada pengaruh waktu ekstraksi)
 H_1 : tidak semua α_i sama dengan nol (ada pengaruh waktu ekstraksi)
- b. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_c = 0$ (tidak ada pengaruh metode ekstraksi)
 H_1 : tidak semua β_i sama dengan nol (ada pengaruh metode ekstraksi)
- c. $H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{rc} = 0$ (tidak ada pengaruh interaksi)
 H_1 : tidak semua α_i sama dengan nol (ada pengaruh interaksi)

Pengujian hipotesis dilakukan dengan membuat Tabel 4.4 seperti di bawah ini

TABEL 4.4 ANOVA (Analysis of Variances)

Sumber variasi	derajat bebas	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Baris (B)	r-1	JKB	KT _B =JK _B /(r-1)	F ₁ =KT _B /KTE
Kolom (K)	c-1	JKK	KT _K =JK _K /(c-1)	F ₂ =KT _K /KTE
Interaksi (I)	(r-1)(c-1)	JK(I)	KT _I = JK _I /((r-1)(c-1))	F ₃ =KT _I /KTE

Sumber variasi	derajat bebas	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Error (Galat)	rc(n-1)	JKE	KTE=JKE/(rc(n-1))	
Total	rcn-1	JKT		

Formula yang digunakan untuk menghitung Jumlah Kuadrat Total (JKT), Jumlah Kuadrat Baris (JKB), Jumlah Kuadrat Kolom (JKK), dan Jumlah Kuadrat Interaksi (JKI) adalah sebagai berikut:

$$JKT = \text{Jumlah Kuadrat Total} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (4.1)$$

$$JKB = \text{Jumlah Kuadrat Baris} = \frac{\sum_{i=1}^r T_{i.}^2}{cn} - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (4.2)$$

$$JKK = \text{Jumlah Kuadrat Kolom} = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j}^2}{rn} - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (4.3)$$

$$JKI = \text{Jumlah Kuadrat Interaksi} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (4.4)$$

$$JKE = \text{Jumlah Kuadrat Error} = JKT - JKB - JKK - JKI \quad (4.5)$$

Selanjutnya tabel ANOVA dibuat dengan menggunakan data hasil penelitian dimana merupakan jumlah data tiap sel, tiap baris, dan tiap kolom sebagaimana disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jumlah Tiap Data Hasil Eksperimen

Waktu (menit)	Yield (%)			
	Ekstraksi Solven	Ekstraksi Ultrasonik dengan Frekuensi (kHz)		TOTAL
		40	50	
30	18.24	35.61	36.47	90.32
60	22.84	37.42	37.57	97.83
90	22.99	40.21	43.35	106.55
120	25.31	47.83	49.42	122.56
Total	89.38	161.07	166.81	417.26

Setelah dilakukan perhitungan dengan menghitung Jumlah Kuadrat Total (JKT), Jumlah Kuadrat Baris (JKB), Jumlah Kuadrat Kolom (JKK), dan Jumlah Kuadrat Interaksi (JKI) maka diperoleh Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian ANOVA 2 Jalur Dengan Interaksi

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung
Baris (B)	3	95.965	31.988	F1 = 1956.475
Kolom (K)	2	465.325	232.663	F2 = 14230.133
Interaksi (I)	1.5	14.050	2.342	F3 = 143.217
Error (Galat)	12	0.196	0.016	

Membandingkan Nilai F hitung Dengan F Tabel:

Dari hasil analisis statistik untuk pengaruh waktu ekstraksi diperoleh bahwa F hitung kolom adalah 1956,475 dan F Tabel adalah 3.49. Dengan demikian F hitung > F tabel, maka H0 ditolak artinya ada perbedaan hasil *yield* gingerol terhadap lamanya waktu ekstraksi. Berdasarkan metode ekstraksi diperoleh hasil F hitung (Baris) adalah 14230.133 dan F tabel adalah 3.89. Dengan demikian $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H0 ditolak artinya ada perbedaan hasil *yield* gingerol terhadap metode ekstraksi yang digunakan. Sedangkan berdasarkan pengujian interaksi diperoleh hasil F hitung (Baris) adalah 143.217 dan F tabel adalah 3.00. Dengan demikian $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H0 ditolak artinya ada interaksi antara variabel yang digunakan terhadap hasil *yield* gingerol.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ekstraksi gingerol dalam jahe merah metode ultrasonik dapat disimpulkan bahwa pada metode ekstraksi solven didapat kadar terbesar yaitu 12.66% dan metode ekstraksi ultrasonik didapat kadar terbesar yaitu 24.71%. Hal ini membuktikan metode ultrasonik berpengaruh signifikan hampir 2 kali lipat terhadap *yield* gingerol dibandingkan metode ekstraksi solven. Selain itu, terbukti bahwa frekuensi ultrasonik sampai dengan angka 50 kHz berpengaruh terhadap % *yield* gingerol sebagai hasil ekstraksi dimana hasil ekstraksi terbaik diperoleh dengan frekuensi 50 kHz dan waktu ekstraksi 120 menit.

Berdasarkan uji ANOVA dua jalur didapatkan hasil bahwa waktu dan metode ekstraksi memberikan efek yang signifikan terhadap hasil perolehan *yield* gingerol yang diindikasikan dari nilai F hitung > F tabel.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu oleh karena pada penelitian ini hanya menggunakan variasi frekuensi ultrasonik 40 kHz dan 50 kHz, maka itu masih perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan pengamatan variasi frekuensi yang lebih banyak agar dapat diketahui frekuensi ultrasonik yang paling optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. R. Pribadi, "Pasokan dan Permintaan Tanaman Obat Indonesia Serta Arah Penelitian," *Perspektif*, vol. 8, no. 1, pp. 52-64, 2009.
- [2] B. Anamika, *Effects of Brewing Temperature and Duration on Quality of Black Tea, India: University of Limpopo*, 2010, p. 9.
- [3] S. A. Prakoeswa, R. Tanowidjaya and D. R. Suryaningsih, "Propagasi Dan Biosintesis Kandungan Gingerol, Shogaol Dan Zingerone (Ginger Oil) Dari Kalus Jahe Emprit (Zingiber Majus R.) Dengan Perlakuan Jenis Media Dan Macam Karbohidrat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 14, no. 2, pp. 45-50, 2020.
- [4] R. SMD, "Kesiapan Teknologi Mendukung Pertanian Organik Tanaman Obat:," *Perspektif*, vol. 6, no. 2, pp. 76-84, 2015.
- [5] T. P. Lestari and N. Lestari, "Analisis Senyawa Kimia Pada Tiga Jenis Jahe Dan Penggunaannya Tiga Jenis Jahe Dan Penggunaannya," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 3, no. 6, pp. 32-38, 2009.
- [6] A. P. Wicaksono, "Pengaruh Pemberian Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale) terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa dan Postprandial pada Tikus Diabetes," *Majority*, vol. 4, no. 7, p. 97-102, 2015.
- [7] M. Widiya, R. D. Jayati and H. Fitriani, "Karakteristik Morfologi dan Anatomi Jahe (Zingiber Officinale) Berdasarkan Perbedaan Ketinggian Tempat," *BIOEDUSAINS J. Pendidik. Biol. dan Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 60-69, 2019.
- [8] A. Fuadi, "Ultrasonik Sebagai Alat Bantu Ekstraksi Oleoresin Jahe," *Jurnal Teknologi*, pp. 14-21, 2012.
- [9] N. Nhestricia, "Pengaruh Konsentrasi Oleoresin Dan Komposisi Bahan Penyalut Terhadap Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe Emprit (Zingiber Officinale) Dengan Metoda Spray Drying," *Fitofarmak*, vol. 7, no. 1, pp. 44-53, 2017.
- [10] A. Fuadi, "Ultrasonik Sebagai Alat Bantu Ekstraksi Oleoresin Jahe," *J. Teknol*, vol. 12, no. 1, p. 14-21, 2012.
- [11] Q.-Q. Mao, X.-Y. Xu, S.-Y. Cao, R.-Y. Gan, H. Corke, T. Beta and H.-B. Li, "Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (Zingiber officinale Roscoe)," *Foods*, vol. 8, no. 6, p. 185, 2019.
- [12] J. Levita, D. M. Syafitri, R. D. Supu, M. Mutakin, S. Megantara, M. Febrianti and A. Diantini, "Pharmacokinetics of 10-gingerol and 6-shogaol in the plasma of healthy

subjects treated with red ginger (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) suspension," *BIOMEDICAL REPORTS*, vol. 9, no. 6, pp. 474-482, 2018.

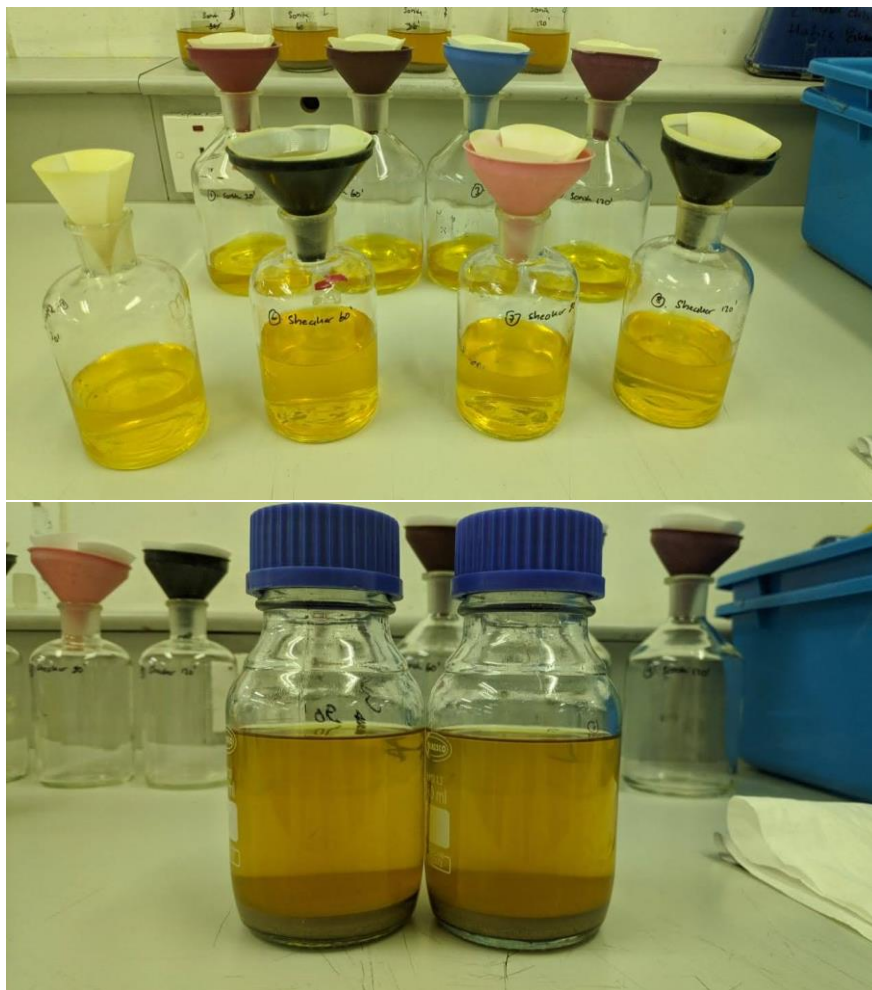
- [13] D. Maja, V. Dragovi, Uzelac, M. Peni and M. Br, "The Effect of Extraction Solvents, Temperature and Time on the Composition and Mass Fraction of Polyphenols in Dalmatian Wild Sage (*Salvia officinalis* L.) Extracts," *Food Technol. Biotechnol*, pp. 84-91, 2013.
- [14] Herliati, Anisah and T. Wibowo, "Pengaruh Suhu dan Jenis Solven pada Ekstraksi Zat Aktif 2,6-Oktadiena-1,8-Diol," in *Seminar Nasional AVoER X*, Palembang, 2018.
- [15] Atikah.N, Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Herba Kemangi (*Ocimum Americanum* L.) terhadap *Streptococcus* dan *Candida Albicans*, Skripsi Jakarta: UIN Sarif Hidayatullah, 2013.
- [16] F. Sahne, M. Maedeh, G. D. Najafpour and M. Ali Akbar, "Extraction Of Bioactive Compound Curcumin From Turmeric (*Curcuma LONGA* L.) VIA Different Routes: A Comparative Study," *Pak. J. Biotechnol*, pp. 173-180, 2016.
- [17] R. S. Rezki, D. Anggoro and S. MZ, "Ekstraksi Multi Tahap Kurkumin Dari Kunyit (*Curcuma Domestica* Valet) Menggunakan Pelarut Etanol," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, no. 3, p. 29–34, 2015.
- [18] M. T. Nelly, T. Ayora-Talavera and E. A. Hugo, "Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources," *Agronomy*, pp. 2-19, 2017.
- [19] S. Mane, D. H. Bremner, A. T. Clarke and M. A. Lemos, "Effect of ultrasound on the extraction of total anthocyanins from Purple Majesty potato," *Ultrasonics Sonochemistry*, pp. 509-515, 2015.
- [20] H. Handayani, F. H. Sriherfyna and Yunianta, "Ekstraksi Antioksidan Daun Sirsak Metode Ultrasonic Bath (Kajian Rasio Bahan : Pelarut Dan Lama Ekstraksi)," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 4, no. 1, pp. 262-272, 2016.
- [21] Z. D. Sighny, M. N. Azkia and B. Kunarto, "Karakteristik Nanoemulsi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume)," *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, vol. 15, no. 1, pp. 1-10, 2020.
- [22] I. M. Annissa and L. I. F. Safira, " Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC Dan UHPLC : Article Review," *Farmaka*, vol. 17, no. 3, p. 189–197, 2019.
- [23] H. Hirjani, M. Mudasir and H. D. Pranowo, "Prediction of High Performance Liquid Chromatography Retention Time for Some Organic Compounds Based on Ab initio QSPR Study," *Acta. Chim. Asiana*, vol. 1, no. 1, pp. 24-29, 2018.

- [24] K. Kardiman, M. Marno and J. Sumarjo, "Analisis Sifat Mekanik Terhadap Bentuk Morfologi Papan Komposit Sekam Padi Sebagai Material Alternatif Pengganti Serat Kaca," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 21-26, 2018.
- [25] B. Murali, B. V. Ramnath and D. Chandramohan, "Crash Test Analysis on Natural Fiber Composite Materials for Head Gear," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 8, pp. 1-5, 2017.
- [26] R. Herliati, S. F. Arini and V. Utomo, "Tannins Extraction of Tea Leaves by Ultrasonic Method: Comparison with The Conventional Method," *Jurnal Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 84-95, 2020.
- [27] A. H. Zaibunnisa, H. M. S. Siti, I. Khudzir and H. Nooraain, " Quality Parameters Of Curcuma Longa L. Extracts By Supercritical Fluid Extraction (Sfe) And Ultrasonic Assisted Extraction (Uae)," *Malaysian Journal Of Analitical Sciences*, pp. 626 - 632, 2016.
- [28] K. Chhouk, Wahyudiono, H. Kanda and M. Goto, "Comparison of Conventional and Ultrasound Assisted Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Curcumin from Turmeric (Curcuma longa L.)," *Engineering Journal*, vol. 21, no. 5, pp. 54-65, 2017.
- [29] K. RI, Farmakope Herbal Indonesia, vol. 2, Jakarta: Kemenkes RI, 2017, pp. 561, 2017.
- [30] I. W. R. Aryanta, "Manfaat Jahe Untuk Kesehatan," *Widya Kesehatan*, vol. 1, no. 2, p. 39-43, 2019.

Lampiran 1: Dokumentasi Hasil Penelitian



Gambar A1: Alat Ultrasonik



Gambar A2: Proses Penyaringan Hasil Ekstraksi



Gambar A3: Proses Pemisahan Solven dari Gingerol



UNIVERSITAS JAYABAYA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin

TERAKREDITASI B

KONTRAK PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN PENELITIAN TAHUN AKADEMIK 2020/2021

NOMOR : 71.004/KONTRAK PENELITIAN/FTI-UJ/XII/2020

Pada hari ini Selasa tanggal 8 (Delapan) bulan Desember tahun 2020 (Dua Ribu Dua Puluh), kami yang bertandatangan di bawah ini:

- 1. Ir. Herliati, M.T, Ph.D.** : Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, yang berkedudukan di Jl. Raya Bogor Km 28 Cimanggis Jakarta Timur, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.
- 2. Ir. Herliati, M.T, Ph.D.** : Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, dalam hal ini bertindak sebagai ketua pengusul penelitian tahun akademik 2020/2021 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu perjanjian pelaksanaan penelitian tahun akademik 2020/2021 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1 **Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi penugasan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima penugasan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian tahun akademik 2019/2020 dengan judul “**Ekstraksi Gingerol Dalam Rimpang Jahe Merah (Zingiber Officinale Varietas Rubrum) Dengan Metode Ultrasonik.**”

Pasal 2 **Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada anggaran belanja tahun akademik 2020/2021.

Pasal 3 **Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian**

- (1) **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II akan membayarkan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pembayaran tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu **70% x Rp. 5.000.000,- = Rp. 3.500.000,- (tiga juta lima ratus ribu rupiah)**, yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**, setelah proposal penelitian dinyatakan lolos seleksi.
 - b. Pembayaran tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu **30% x Rp. 5.000.000,- = Rp. 1.500.000,- (satu juta lima ratus ribu rupiah)**, dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**, setelah menyerahkan laporan kemajuan dan laporan akhir sesuai jadwal dan mekanisme yang berlaku.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan dicairkan melalui transfer oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4 **Jangka Waktu Penelitian**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Desember 2020** dan berakhir pada **Oktober 2021**.

Pasal 5 **Laporan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** wajib menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan paling lambat **Februari 2021** sesuai dengan pengumuman dari UP2P.
- (2) **PIHAK KEDUA** wajib menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan akhir paling lambat **Oktober 2021** sesuai dengan pengumuman dari UP2P.
- (3) Laporan penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) dan (2) harus memenuhi segala ketentuan yang tercantum dalam pedoman yang telah ditentukan.
- (4) **PIHAK KEDUA** wajib melampirkan draft artikel publikasi ilmiah (Seminar Internasional dan atau Jurnal Nasional/Internasional) dan bukti submit dalam laporan akhir.

Pasal 6 **Target Luaran**

PIHAK KEDUA wajib memenuhi target luaran penelitian berupa publikasi ilmiah (Seminar Internasional dan atau Jurnal Nasional/Internasional) yang dibuktikan dengan surat keterangan diterima dari pengelola jurnal.

Pasal 7 **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6.
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan mekanisme pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.

- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1).
 - b. **PIHAK KEDUA** wajib menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5.
 - c. **PIHAK KEDUA** wajib memenuhi target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6.
 - d. **PIHAK KEDUA** wajib bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui.

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan monitoring dan evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan penelitian tahun anggaran 2020/2021.

Pasal 9 Penilaian Luaran

- (1) Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer*, luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (2) Apabila dalam penilaian luaran tidak tercapai maka **PIHAK KEDUA** tidak dapat mengajukan usulan proposal penelitian tahun berikutnya.

Pasal 10 Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan kewajibannya sebagaimana Pasal 7 ayat (2), maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa tidak diperkenankan mengajukan proposal tahun berikutnya.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6, maka capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melunasi target luaran sesuai batas waktu yang telah ditentukan, maka akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk tidak mendapatkan pendanaan penelitian yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 11 Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil pelaksanaan penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan penelitian ini adalah milik Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya.

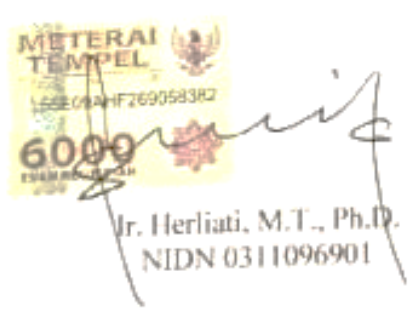
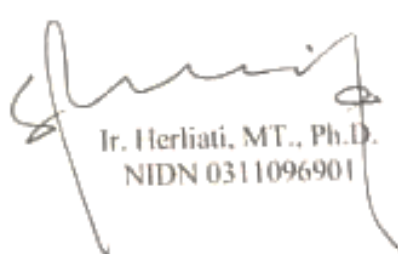
Pasal 12 **Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 13 **Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada pendanaan penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

<p>PIHAK PERTAMA</p>  <p>Ir. Herliati, M.T., Ph.D. NIDN 0311096901</p>	<p>PIHAK KEDUA</p>  <p>Ir. Herliati, M.T., Ph.D. NIDN 0311096901</p>
---	--

Innovative Food Science and Emerging Technologies

Separation of 6-Gingerol in Zingiber Officinale Rubrum Varieties Using an Ultrasonic Assisted Extraction Method

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Research Paper
Keywords:	Ginger; HPLC; Rhizome; SEM; Socklet
Corresponding Author:	Herliati Rahman, Ph.D Universitas Jayabaya Jakarta Timur, Jakarta Raya INDONESIA
First Author:	Herliati Rahman, Ph.D
Order of Authors:	Herliati Rahman, Ph.D Satrio Nur Prambudi Wahyu Endranaka
Abstract:	<p>Gingerol is a chemical compound found in red ginger, which pharmaceutical uses as an analgesic drug. Generally, Gingerol separation in ginger uses the solvent extraction method, but this process has a weakness. It requires a long process and unsatisfactory yield. This research aims to study ultrasonic frequency's effect on increasing gingerol yield in the extraction process itself. The variables studied were extraction times with variations of 30, 60, 90, and 120 minutes. In addition, the ultrasonic effect was also observed with variations in the ultrasonic frequency of 40 and 50 kHz compared to the solvent extraction method. This study used 96% ethanol as a solvent and an operating temperature of 50°C as fixed variables. Furthermore, it used a rotary vacuum evaporator at a pressure of 350 mmHg to separate the resulting gingerol extract. Qualitative sample analysis used Thin Layer Chromatography (TLC) and scanning electron microscope (SEM) while quantitative analysis used high-performance liquid chromatography (HPLC), Waters Alliance e2695 brand with X-Terra RP18 column 100 x 4.6 mm, five µm to determine the total gingerol extract. The results showed that ultrasonic power had a significant effect on the results obtained, with the highest yield was 24.71% at the ultrasonic frequency of 50 kHz with an extraction time of 120 minutes.</p>

Dear Editor-in-Chief
Innovative Food Science And Emerging Technologies

July 23, 2021

We would like to submit the manuscript entitled “ Separation of 6-Gingerol in Zingiber Officinale Rubrum Varieties Using an Ultrasonic Assisted Extraction Method “as an original article in the **Innovative Food Science And Emerging Technologies**.

As authors are as follow:

1. Herliati Rahman (First author and Corresponding Author)
2. Satrio Nur Prambudi (Co-Author)
3. Wahyu Endrunaka (Co-Author)

This paper talks about the extraction process using the ultrasonic method to overcome the weakness of the conventional solvent extraction method. Based on SEM characterization, we found that ultrasonic power cause cell damage and, consequently, increases the solubility of gingerol compounds in the solvent used. We believe these findings will be of interest to the readers of the journal.

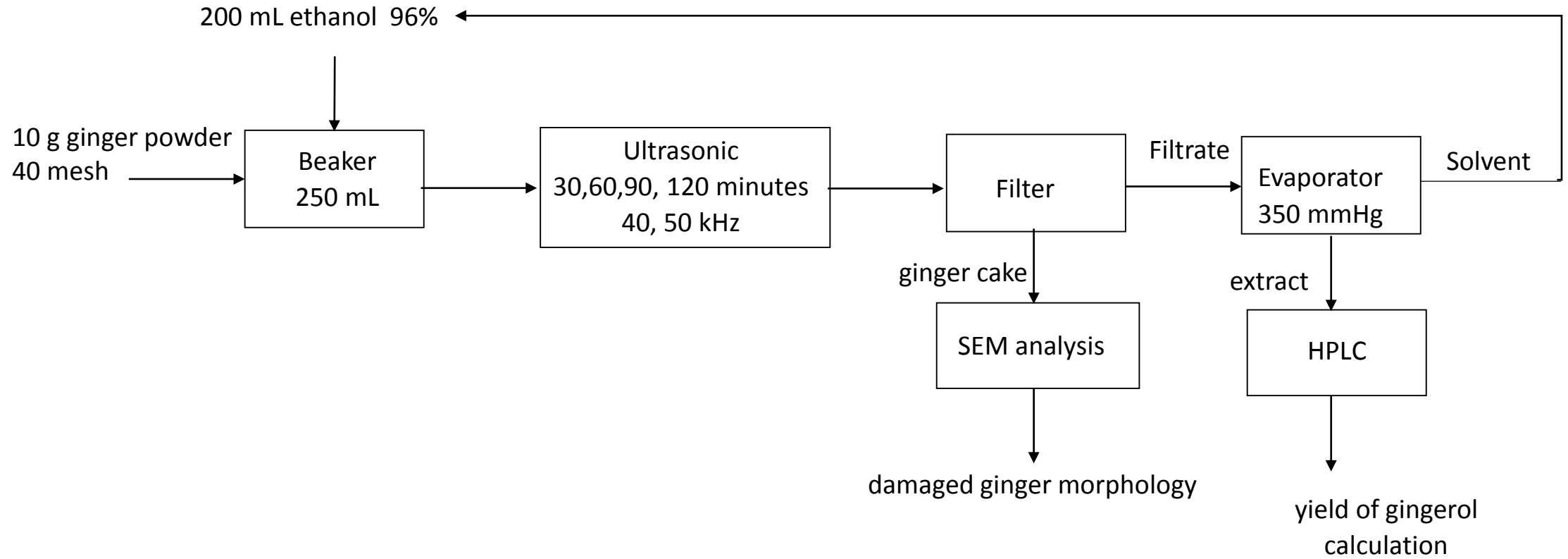
We declare that this manuscript is original has not been published before and is not currently being considered for publication elsewhere.

We know of no conflict of interest associated with this publication, and there has been no significant financial support for work that could have influenced its outcome.

The corresponding author confirms that the manuscript is already approved for submission by all the named authors.

We hope the article submitted is suitable for publication and look forward to hearing from the editor.

Sincerely
Herliati
Associate Professor
Jayabaya University Jakarta Indonesia



Separation of 6-Gingerol in *Zingiber Officinale Rubrum* Varieties Using an Ultrasonic Assisted Extraction Method

Herliati Rahman, Satrio Nur Prambudi, Wahyu Endranaka

Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Jayabaya University

Jalan Raya Bogor km.28,8 Cimanggis Jakarta Timur

Corresponding Author: herliati@jayabaya.ac.id

Abstract. Gingerol is a chemical compound found in red ginger, which pharmaceutical uses as an analgesic drug. Generally, Gingerol separation in ginger uses the solvent extraction method, but this process has a weakness. It requires a long process and unsatisfactory yield. This research aims to study ultrasonic frequency's effect on increasing gingerol yield in the extraction process itself. The variables studied were extraction times with variations of 30, 60, 90, and 120 minutes. In addition, the ultrasonic effect was also observed with variations in the ultrasonic frequency of 40 and 50 kHz compared to the solvent extraction method. This study used 96% ethanol as a solvent and an operating temperature of 50°C as fixed variables. Furthermore, it used a rotary vacuum evaporator at a pressure of 350 mmHg to separate the resulting gingerol extract. Qualitative sample analysis used Thin Layer Chromatography (TLC) and scanning electron microscope (SEM) while quantitative analysis used high-performance liquid chromatography (HPLC), Waters Alliance e2695 brand with X-Terra RP18 column 100 x 4.6 mm, five μm to determine the total gingerol extract. The results showed that ultrasonic power had a significant effect on the results obtained, with the highest yield was 24.71% at the ultrasonic frequency of 50 kHz with an extraction time of 120 minutes.

Keywords: Ginger, HPLC, Rhizome, SEM, Socklet

1. Introduction

Most of Indonesia is very suitable for rhizome plants such as red ginger (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) so that Indonesian farmers can cultivate optimally [1]. This plant has small tubers that are layered and are orange to red. The diameter and length of the tubers can reach 4 and 12.50 cm, respectively [2]. Indonesian people have traditionally used red ginger as a headache reliever, relieving swelling, relieving menstrual pain, diuretics, stimulants, and as a medicine for diarrhea [3] [4] [5]. In

addition, The researchers reported that one of the chemical components contained in red ginger, namely Gingerol, can provide pharmacological and physiological effects such as anti-inflammatory, analgesic, anti-carcinogenic, and antibacterial [6] [7].

In fresh ginger, Gingerol is the primary polyphenol with a composition of about 4–8% of the mass of ginger [8]. Harvest time, environment, and soil conditions greatly influence this composition [9] [10]. Extraction of the active component from a solid often using a particular solvent commonly in combination with heat. However, at high temperatures, Gingerol will convert to shogaol [11]. Therefore alternative extraction methods are required, such as lower solvent consumption, decrease temperatures, and less time-consuming technique [12].

Ultrasonic-assisted extraction has advantages over the solvent extraction method, using less solvent and less time [12] [14]. In addition, ultrasonic waves propagating in a liquid medium produce cavitation bubbles that hit and damage the cell walls so that, at the same time, the active compounds in the cells have the opportunity to be extracted out [15]. Therefore, the ultrasonic-assisted extraction method is still interesting to study.

This study used dry ginger mashed up to 40 mesh so that the contact between ginger and ethanol solvent took place intimately [12]. Maceration of ginger powder with a solvent is a pre-treatment before using ultrasonic power with a frequency of 40 and 50 kHz. It intends to apply mechanical stress to the cell to produce a cavity in the sample. Cell damage can cause the solubility of the compound in the solvent to increase and consequently increase the extraction yield [11] [12] [16].

It used High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) for quantitative analysis to determine the total Gingerol in extracts where the gingerol compound had a boiling point of 453°C [17]. The HPLC uses chromatographic separation of liquid mixtures with a high boiling point. Figure 1 shows the principle flow diagram of the HPLC. To determine the morphology of ginger cells by adding ultrasonic energy, the researchers conducted a Scanning Electron Microscope (SEM) test. SEM works to form an image on the surface of the specimen microscopically. Then, an electron beam with a diameter of 5–10 nm pointed at the specimen. The electron beam interaction with the specimen results in electron beam backscattering, X-rays, secondary electrons, and electron absorption [18].

2. Research Methods

2.1. Tools and chemicals

The equipment used in this study consisted of a knife, aluminum foil; glassware; blender; chamber; plate silica gel 60 F254, desiccator, analytical scales; Rotary Vacuum Evaporator Heidolph Laborota 4003; Ultrasonic Branson 5510; oven; shaker; water bath; 40 mesh sieve retsch. The chemicals and reagents used, such as ethanol 96%, were supplied by J.T.Baker Chemical Company (USA); hydrochloric acid 37%, acetonitrile, chloroform, phosphoric acid 85%, and external zingiber officinale standard were supplied by Merck Supelco Sigma-Aldrich (Germany).

2.2. Red Ginger and conditions

Red ginger was obtained directly from the farmers, Bogor Indonesia, and washed before used. Fresh ginger was used in the following "forms": (i) sliced with a thickness of approximately 6 -7 mm. (ii) dried in an oven at a temperature of 50°C for 1 hour to remove most of the water. (iii) crush and sieve the simplicia to pass 40 mesh as shown in Figure 2. 40 mesh ginger powder has a large surface area, increasing the contact area with the solvent during the extraction process [13]. The powder was stored at room temperature until required. All the extractions were conducted using 50 g of ginger powder mixed with 200 mL of solvent.



Figure 1. (a) dry ginger (simplicia) ; (b) ginger powder 40 mesh size

2.3. Solvent Extractions (control)

This experiment is used as a control to see the effect of ultrasonication assistance on the level of extracted Gingerol. The Solvent extraction was carried out at variations of time 30, 60, 90, and 120 minutes by soaking 10 g of ginger powder with 200 mL of solvent in a 400 mL beaker in a water bath at 50 C (this is the temperature used by extraction done by Ultrasonic-assisted extraction).

2.4. Ultrasonic-assisted extraction

Ultrasonic-assisted extraction was carried out using Branson 5510 Ultrasonic Liquid Processor fitted with a stainless steel probe operating at 40 and 50 kHz. The probe was immersed in 200 mL of extraction solvent containing 10 g of ginger powder in a 250 mL beaker. The beaker was then placed in a 3 L bath filled with water to control temperature during sonication. Then the temperature was maintained at 50 ± 2 °C for each experiment. Samples were removed at regular time intervals (30, 60 90, and 120 min), filtered, separated from the solvent using a vacuum evaporator at operating condition 350 mmHg and a temperature of 50°C as shown in Figure 2 analyzed for gingerol yield.



Figure 2. Gingerol separation from the solvent using Heidolph Laborota 4003

2.5. Determination of gingerol yield

HPLC Waters Alliance e2695, equipped with Column X Terra RP 18 (particle size five μm , 100 x 4.6 mm), was used to determine the Gingerol content against a blank solvent used for extraction. First,

inject 1 mL of standard solution into HPLC six times. If the relative standard deviation (RSD) $\leq 2\%$, the system is valid for use. To calculate the gingerol content in the product, then the following equation was used [19]:

$$\% \text{ Yield} = \frac{W_{\text{extract}} \times V_{\text{total extract}}}{W_{\text{raw materials}}} \times 100 \quad (1)$$

Where W_{extract} is the weight of the extract in 1 mL of sample (g/mL), $V_{\text{total extract}}$ is the total volume of extract (mL), $W_{\text{raw materials}}$ are the weight of extracted ginger powder. Experimental data were taken triple each.

2.6. Data analysis

To see the effect of extraction methods and variation of time used during the experiments (in this case, the amount of Gingerol extracted), it performs a two-way analysis of variance using a General linear model (GLM – SPSS version 19, SPSS Inc., Chicago). In this study, the extraction time (30, 60, 90, and 120 min) is the row factor with r treatment (level), and the extraction method (solvent extraction, 40 kHz, and 50 kHz ultrasonic power) is the column factor with c treatment (level). Data displayed on the tables are the mean ($n = 3$) \pm standard deviation (SD), which were calculated using functions in Microsoft Excel^(R).

3. Result and Discussion

3.1. Drying Shrinkage Test

Table 1 shows the results of the drying shrinkage test. This method is used to determine the amount of volatile or lost materials such as water. The composition of lost materials in red ginger samples was an average of 8.72%. In other words, the simplicia of ginger is eligible because it is not more than 10% [20].

Table 1. Drying Shrinkage Test Samples

Sample	Initial weight	Final weight	Composition of lost materials (%)
1	1.05688	0.09227	8.73
2	1.00942	0.08796	8.71
		Average	8.72

3.2. System Suitability Test

Before testing the sample, it needs to do a system suitability test by injecting the standard solution six times. Then, it intends to determine whether the method used is still valid. The method is declared valid if the Relative Standard Deviation (RSD) area is $\leq 2\%$. Fortunately, the system was valid because it obtained an average RSD area of 0.3%, as shown in Table 2 and Figure 3.

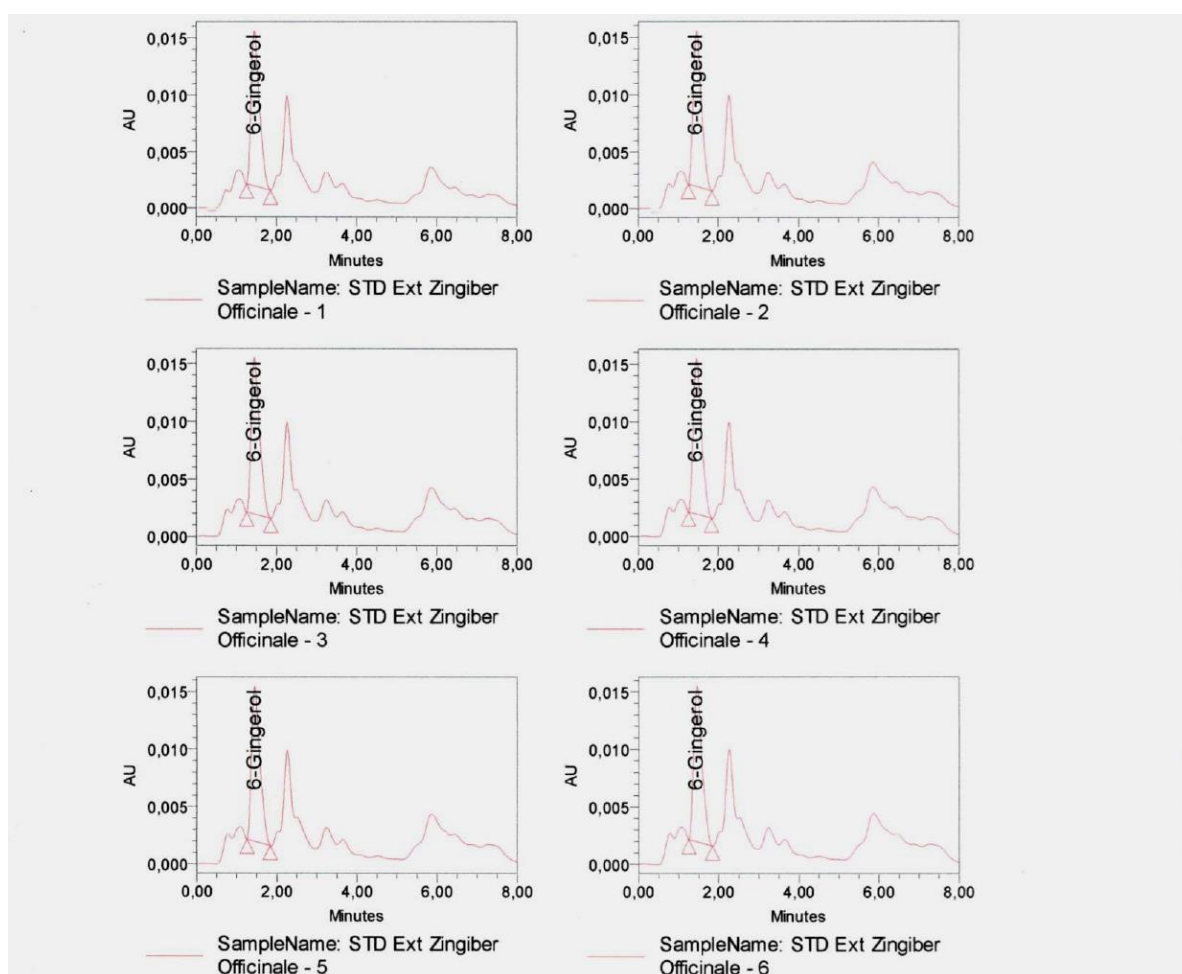


Figure 3. Suitability Test Chromatograms

Table 2. System Suitability Test

No	Sample Nama	Retention Time	Area
1	STD Ext. Zingiber Officinale-1	1.5	196148
2	STD Ext. Zingiber Officinale-2	1.5	195684
3	STD Ext. Zingiber Officinale-3	1.5	195642
4	STD Ext. Zingiber Officinale- 4	1.5	194837
5	STD Ext. Zingiber Officinale-5	1.5	194774
6	STD Ext. Zingiber Officinale- 6	1.5	196182
Average			195545
Standard Deviation			615.43
% RSD			0.31

3.3. Gingerol identification by Thin Layer Chromatography (TLC)

Thin Layer Chromatography is a method that compares the retention factor (Rf) value of a sample of ginger with a standard Rf value. The Rf value is the ratio between the compound's distance on the surface of the stationary phase to the distance mobile phase.

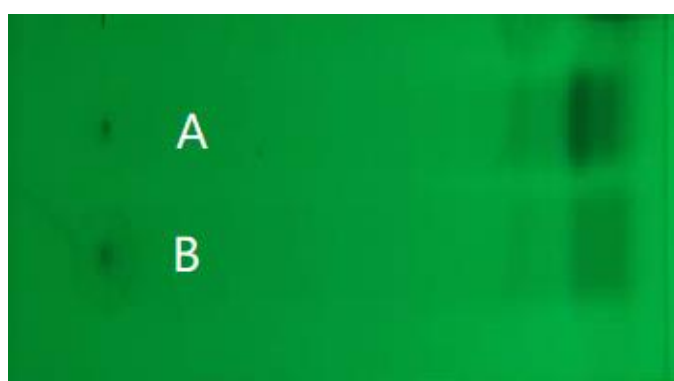


Figure 4. Gingerol identification (A) Standard solution ; (B) Sample solution.

The Rf value of the compound is suspected to be the active compound of Gingerol, a brown spot with an Rf value of ± 0.7 . In the ginger sample, brown spots appeared with a creepage distance of 6.9 cm and a solvent propagation distance of 10 cm, so that the Rf value was 0.69. At the same time, the standard solution appears brown spots with an Rf value of 0.69. This situation proves that the extracted product identifies gingerol compound, as shown in Figure 4.

3.4. Gingerol identification by HPLC

The HPLC method identifies Gingerol by comparing the retention time of the measured test sample with the standard [21]. The retention time is when it takes for the substrate to pass through the column to the detector. Thus, the retention time is from the sample into the column until the maximum reading at the detector. The standard gingerol retention time is 1.453 minutes, as shown in Figure 5.

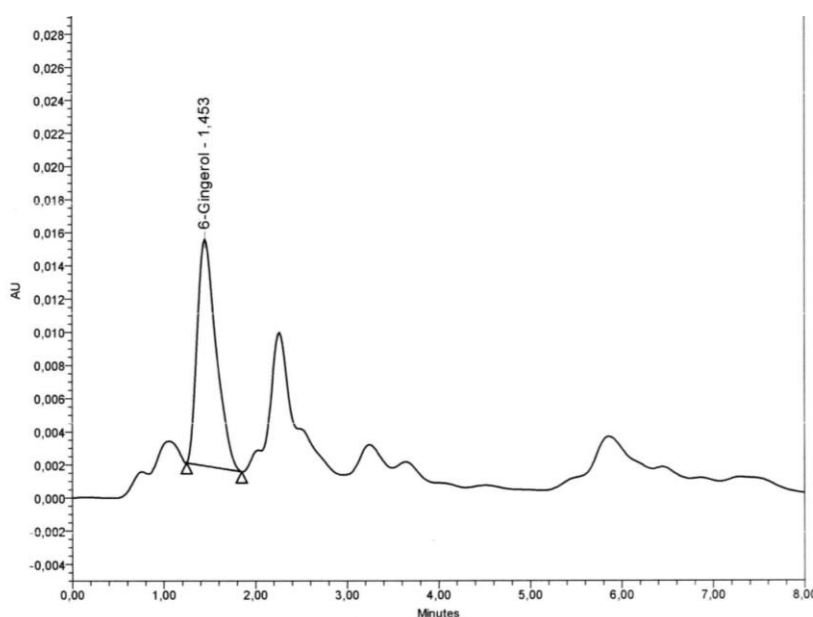


Figure 5. Chromatogram of the Gingerol Standard

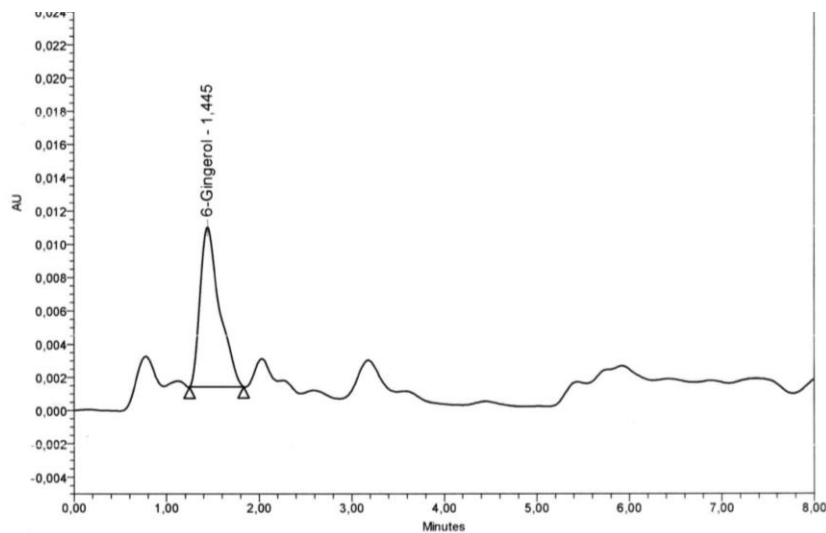


Figure 6. Gingerol chromatogram in ultrasonic-assisted extraction at 50 kHz, 120 minutes

Figure 6 is a chromatogram of the ultrasonic extraction test sample with 50 kHz at 120 minutes. It shows that The retention time of the test sample for the gingerol compound appears at 1.445 minutes. The retention time between the standard sample and the test sample appears at very close minutes. This result provides positive confirmation that there is a gingerol compound in the test sample results of the study.

3.5. *Effect of Ultrasonic Power on Gingerol Yield*

Table 3 and Figure 7 show that gingerol yield increases with increasing ultrasonic frequency and extraction time. For example, the highest yield with a frequency of 50 kHz at the extraction time of 120 minutes is 24.71%. In other words, the ultrasonic extraction yields exceeded all yields by the solvent extraction method for all test samples. These results are strongly in agreement with the previous report [16].

To confirm the effect of the ultrasonic method on the ginger sample, the researchers conducted a morphological analysis of the extracted cakes using SEM. Based on Figure 10, the solvent extraction shows that the ginger pulp cells are still smooth and do not have pores. However, in samples by ultrasonic extraction, there were cracks and pores with a rough cell structure. These micrographs show damaged surface morphology of ginger due to ultrasonic energy. This fact is because the ultrasonic

power exerts mechanical pressure on the ginger tissue to damage the cells. Therefore, cell damage impacts increasing the solubility of Gingerol in the solvent so that the extraction yield increases [22]. In addition, figure 8.d is a microgram with a magnification of 3,000x, i.e., ultrasonic extraction with 50 kHz at an extraction time of 120 minutes, showing the most severe cell damage. This appearance confirms that ultrasonic power has a significant effect on the extraction yield.

Table 3. Gingerol yield comparison between Ultrasonic and Solvent extraction

Time (minute)	Yield (%)		
	Solvent Extraction	Ultrasonic-assisted extraction	
		40 kHz	50 kHz
30	9.12±0.028	17.80±0.163	18.24±0.092
60	11.42±0.099	18.71±0.057	18.79±0.120
90	11.49±0.035	20.10±0.049	21.68±0.106
120	12.66±0.021	23.92±0.332	24.71±0.085

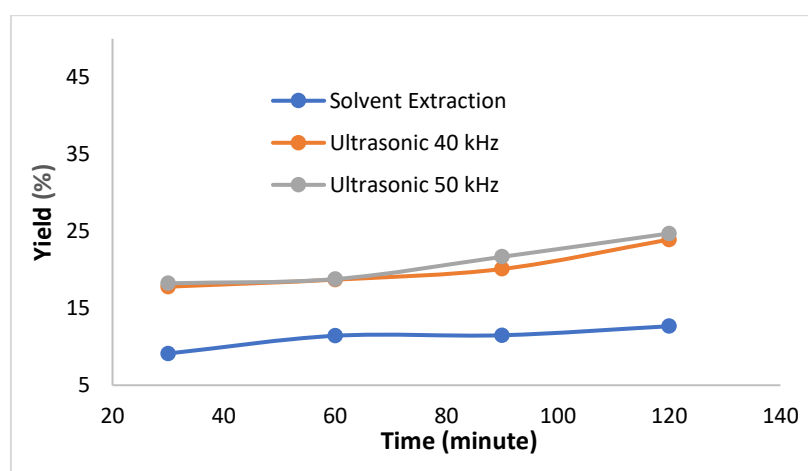
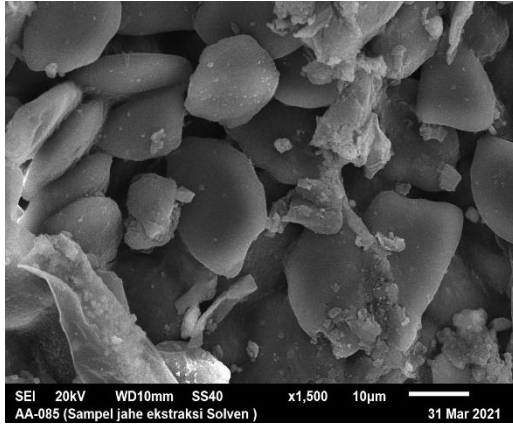
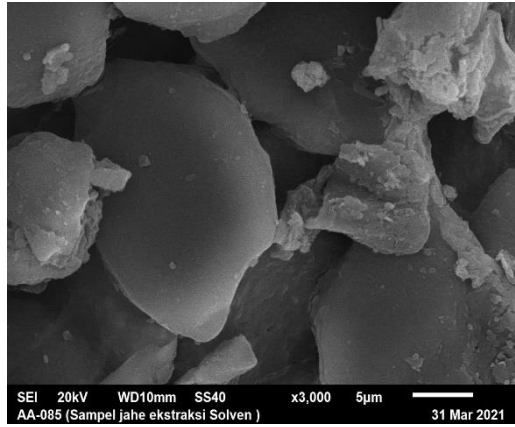


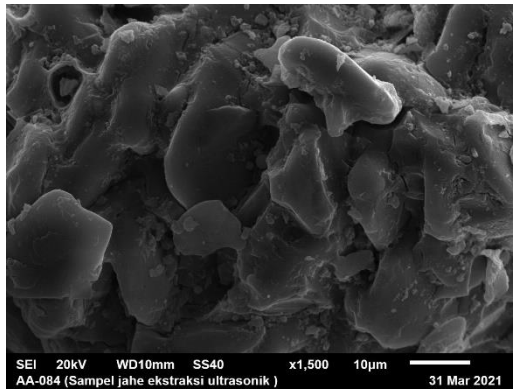
Figure 7. Yield Comparison between Solvent and Ultrasonic Method



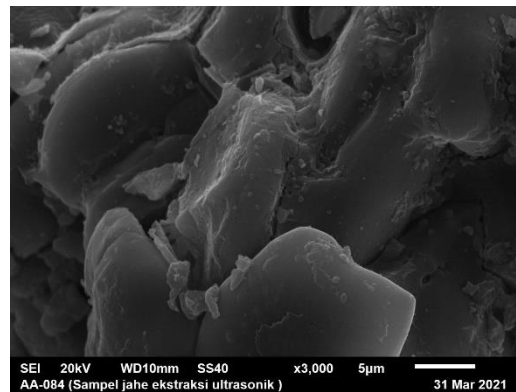
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 8 SEM Test Results (a) Solvent Extraction at 1,500x magnification (b) Solvent Extraction at 3,000x magnification (c) Ultrasonic extraction with 1,500x magnification (d) Ultrasonic extraction with 3,000x magnification

3.6. Statistical Analysis Results

Table 4 presents the results of the ANOVA test. The following equation was used to calculate each observation, Total Sum of Squares (TSS), Sum of Squares of Rows (SSR), Sum of Squares of Columns (SSC), and Sum of Interaction Squares (SIS).

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

$$\text{TSS} = \text{Total Sum of Squares} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (3)$$

$$\text{SSR} = \text{Sum of Squares of Rows} = \frac{\sum_{i=1}^r T_{i.}^2}{cn} - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (4)$$

$$\text{SSC} = \text{Sum of Squares of Columns} = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j}^2}{rn} - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (5)$$

$$\text{SIS} = \text{Sum of Interaction Squares} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{rcn} \quad (6)$$

$$\text{SSE} = \text{Sum of Squares Error} = \text{TSS} - \text{SSR} - \text{SSC} - \text{SIS} \quad (7)$$

Where $i=1,2,\dots$, $j=1,2,\dots$, and $k=1,2,\dots,n$; x_{ijk} : Observation of the factor treatment Row- i and Column j factor treatment; μ : general average; α_i : the effect of the factor treatment row- i ; β_j : the effect of the factor treatment column j ; $(\alpha\beta)_{ij}$: the effect of the interaction between the treatment of the factor treatment Row- i with the treatment factor Column- j ; ε_{ij} : random error of row- i and column- j .

The hypothesis to be tested is the effect of time variation and extraction method and the effect of the interaction between the two variables as follows:

a. $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$ (there is no effect of extraction time)

H_1 : not all $\alpha_i = 0$ (there is an effect of extraction time)

b. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_c = 0$ (there is no effect of the extraction method)

H_1 : not all $\beta_i = 0$ (there is an effect of the extraction method)

c. $H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{rc} = 0$ (no interaction effect)

H_1 : not all $\alpha_i = 0$ (there is the influence of the interaction between variables)

Table 4. 2-Way ANOVA Testing Results With Interaction

Variation Source	degree of freedom	Total Squared (TS)	Middle Square (MS)	F _{count}
Row (R)	3	95.965	31.988	F1 = 1956.475
Column (C)	2	465.325	232.663	F2 = 14230.133
Interaction (I)	1.5	14.050	2.342	F3 = 143.217
Error	12	0.196	0.016	

Comparing F count with F Table:

Table 4 also shows that the F count of the column is 1956,475 while compared to $F(\alpha, r-1, rc(n-1))=F(0.05, 3, 12)$ is 3.49. Thus $F_{count} > F_{table}$, then H_0 is rejected, meaning that extraction time affects gingerol yield. Besides that, the result of F count of the row is 14230.133 compared to $F(\alpha, c-1, rc(n-1)) = F(0.05, 2, 12)$ is 3.89. Thus $F_{count} > F_{table}$, then H_0 is rejected, meaning that the extraction method affects gingerol yield. Based on the interaction test, the F count of lines is 143.217 compared to $F(\alpha, (r-1)(c-1), rc(n-1)) = F(0.05, 6, 12)$ is 3.00. Thus $F_{count} > F_{table}$, then H_0 is rejected, meaning there is an interaction between time and the extraction method used on gingerol yield.

4. Conclusion

A series of experiments, observations, and data analysis of red ginger extraction products shows that the solvent extraction method produced 12.66% gingerol content. Meanwhile, the ultrasonic extraction method can increase the yield up to 24.71%. This result proves that the ultrasonic method has a significant effect, almost two times more than the solvent extraction method. SEM testing also confirms that the extraction of ultrasonic-assisted causes damage to ginger cell tissue, increasing Gingerol yield. In addition, the two-way ANOVA test showed that the value of $F_{count} > F_{table}$ means that time and extraction method affect gingerol yield.

Acknowledgment

Thanks to the Faculty of Industrial Technology, Jayabaya University, this paper was completed through research funds with Contract Number: 71.004/KONTRAK PENELITIAN/FTI-UJ/XII/2020.

References

- [1] R. SMD, "Kesiapan Teknologi Mendukung Pertanian Organik Tanaman Obat:," *Perspektif*, vol. 6, no. 2, pp. 76-84, 2015.

- [2] A. P. Wicaksono, "Pengaruh Pemberian Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale*) terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa dan Postprandial pada Tikus Diabetes," *Majority*, vol. 4, no. 7, p. 97–102, 2015.
- [3] E. R. Pribadi, "Pasokan dan Permintaan Tanaman Obat Indonesia Serta Arah Penelitian," *Perspektif*, vol. 8, no. 1, pp. 52-64, 2009.
- [4] I. W. R. Aryanta, "Manfaat Jahe Untuk Kesehatan," *Widya Kesehatan*, vol. 1, no. 2, p. 39–43, 2019.
- [5] S. A. Prakoeswa, R. Tanowidjaya and D. R. Suryaningsih, "Propagasi Dan Biosintesis Kandungan Gingerol, Shogaol Dan Zingerone (Ginger Oil) Dari Kalus Jahe Emprit (*Zingiber Majus R.*) Dengan Perlakuan Jenis Media Dan Macam Karbohidrat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 14, no. 2, pp. 45-50, 2020.
- [6] J. Levita, D. M. Syafitri, R. D. Supu, M. Mutakin, S. Megantara, M. Febrianti and A. Diantini, "Pharmacokinetics of 10-gingerol and 6-shogaol in the plasma of healthy subjects treated with red ginger (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) suspension," *BIOMEDICAL REPORTS*, vol. 9, no. 6, pp. 474-482, 2018.
- [7] Q.-Q. Mao, X.-Y. Xu, S.-Y. Cao, R.-Y. Gan, H. Corke, T. Beta and H.-B. Li, "Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)," *Foods*, vol. 8, no. 6, p. 185, 2019.
- [8] T. P. Lestari and N. Lestari, "Analisis Senyawa Kimia Pada Tiga Jenis Jahe Dan Penggunaannya Tiga Jenis Jahe Dan Penggunaannya," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 3, no. 6, pp. 32-38, 2009.
- [9] N. Nhestricia, "Pengaruh Konsentrasi Oleoresin Dan Komposisi Bahan Penyalut Terhadap Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe Emprit (*Zingiber Officinale*) Dengan Metoda Spray Drying," *Fitofarmak*, vol. 7, no. 1, pp. 44-53, 2017.

- [10] M. Widiya, R. D. Jayati and H. Fitriani, "Karakteristik Morfologi dan Anatomi Jahe (*Zingiber Officinale*) Berdasarkan Perbedaan Ketinggian Tempat," *BIOEDUSAINS J. Pendidik. Biol. dan Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 60-69, 2019.
- [11] A. Fuadi, "Ultrasonik Sebagai Alat Bantu Ekstraksi Oleoresin Jahe," *Jurnal Teknologi*, pp. 14-21, 2012.
- [12] S. Mane, D. H. Bremner, A. T. Clarke and M. A. Lemos, "Effect of ultrasound on the extraction of total anthocyanins from Purple Majesty potato," *Ultrasonics Sonochemistry*, pp. 509-515, 2015.
- [13] R. Herliati, S. F. Arini and V. Utomo, "Tannins Extraction of Tea Leaves by Ultrasonic Method: Comparison with The Conventional Method," *Jurnal Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 84-95, 2020.
- [14] P. Shital, Ranveer, Debaje, Kadam and Sahoo, "Ultrasound assisted extraction of curcumin," *Asian J. Dairy & Food Res*, pp. 250-252, 2018.
- [15] Z. D. Sighny, M. N. Azkia and B. Kunarto, "Karakteristik Nanoemulsi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume)," *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, vol. 15, no. 1, pp. 1-10, 2020.
- [16] M. T. Nelly, T. Ayora-Talavera and E. A. Hugo, "Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources," *Agronomy*, pp. 2-19, 2017.
- [17] L. Sun, H. Jin, R. Tian, M. Wang, L. Liu, L. Ye, T. Zuo and S. Ma, "A simple method for HPLC retention time prediction: linear calibration using two reference substances," *Chinese Medicine*, vol. 12, no. 16, pp. 1-12, 2017.
- [18] XiaoyanZhao, QiangAo, FanglingDu, JunqingZhu and JieLiu, "Surface characterization of ginger powder examined by X-ray photoelectron spectroscopy and scanning electron microscopy," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 79, no. 2, pp. 494-500, 2010.
- [19] C. Kimthet, Wahyudiono, H. Kanda and M. Goto, "Comparison of Conventional and Ultrasound Assisted Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Curcumin from Turmeric (*Curcuma longa* L.)," *Engineering Journal*, pp. 53-65, 2017.
- [20] K. RI, Farmakope Herbal Indonesia, vol. 2, Jakarta: Kemenkes RI, 2017, pp. 561, 2017.

- [21] H. Hirjani, M. Mudasir and H. D. Pranowo, "Prediction of High Performance Liquid Chromatography Retention Time for Some Organic Compounds Based on Ab initio QSPR Study," *Acta. Chim. Asiana*, vol. 1, no. 1, pp. 24-29, 2018.
- [22] A. H. Zaibunnisa, H. M. S. Siti, I. Khudzir and H. Nooraain, " Quality Parameters Of Curcuma Longa L. Extracts By Supercritical Fluid Extraction (Sfe) And Ultrasonic Assisted Extraction (Uae)," *Malaysian Journal Of Analytical Sciences*, pp. 626 - 632, 2016.

Declaration of interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

The authors declare the following financial interests/personal relationships which may be considered as potential competing interests: