

Karakterisasi Proses Ekstraksi Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) Menggunakan Natural Deep Eutectic Solvent (NADES)

Characterization of Red Ginger Rhizome (Zingiber officinale var. *rubrum*) Extraction Process Using Natural Deep Eutectic Solvent (NADES)

Alya Hasna Nafisah*, Asri Widhyasanti, Bambang Nurhadi

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45360, Indonesia
E-mail: alyahasna2003@gmail.com

Diterima: 5 Agustus 2025; Disetujui: 29 April 2026

ABSTRAK

Jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) merupakan salah satu tanaman biofarmaka unggulan yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku produk herbal. Penggunaan pelarut organik dalam proses ekstraksi impang jahe merah masih menimbulkan risiko toksisitas dan pencemaran lingkungan, sehingga diperlukan pendekatan alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan pelarut *Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES) berbasis madu dan akuades sebagai pelarut ramah lingkungan dalam proses ekstraksi impang jahe merah menggunakan metode maserasi. NADES disiapkan dengan variasi rasio madu:akuades (1:6, 1:8, dan 1:10), kemudian digunakan dalam proses ekstraksi dengan variasi waktu (12, 18, dan 24 jam) serta rasio sampel:pelarut (1:5, 1:10, dan 1:15). Analisis dilakukan secara eksploratif dan deskriptif melalui pengamatan parameter karakterisasi fisik NADES (densitas, viskositas, pH, indeks bias, dan °Brix) serta parameter hasil ekstraksi (rendemen, kandungan total fenolik, dan aktivitas antioksidan/IC₅₀), tanpa pendekatan optimasi statistik. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi nilai rendemen dan karakteristik ekstrak pada setiap perlakuan. Secara umum, kombinasi rasio madu:akuades 1:8, waktu ekstraksi 18 jam, dan rasio sampel:pelarut 1:10 menunjukkan kecenderungan menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Peningkatan proporsi akuades cenderung menurunkan densitas, viskositas, dan °Brix, sementara pH relatif stabil. Hasil ini menunjukkan bahwa NADES berbasis madu berpotensi digunakan sebagai pelarut hijau dalam ekstraksi impang jahe merah, dengan keterbatasan pada belum dilakukannya analisis kimia senyawa spesifik.

Kata kunci: Jahe merah; ekstraksi; NADES; madu; maserasi

ABSTRACT

Red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) is one of the prominent biopharmaceutical plants widely utilized as a raw material for herbal products. The use of organic solvents in the extraction of red ginger rhizome still poses risks of toxicity and environmental pollution, thus alternative approaches that are safer and more sustainable are needed. This study aims to evaluate the use of honey-based Natural Deep Eutectic Solvent (NADES) combined with distilled water as an environmentally friendly solvent in the extraction of red ginger rhizome using the maceration method. NADES was prepared with different honey-to-water ratios (1:6, 1:8, and 1:10), and applied in the extraction process with variations in extraction time (12, 18, and 24 hours) and sample-to-solvent ratios (1:5, 1:10, and 1:15). The analysis was conducted using an exploratory and descriptive approach by observing the physical characteristics of NADES (density, viscosity, pH, refractive index, and °Brix) as well as extraction parameters (yield, total phenolic content, and antioxidant activity/IC₅₀), without statistical optimization. The results showed variations in extraction yield and characteristics across different treatments. In general, the combination of a 1:8 honey-to-water ratio, 18-hour extraction time, and a 1:10 sample-to-solvent ratio tended to produce higher yields compared to other treatments. Increasing the proportion of water tended to decrease density, viscosity, and °Brix, while pH remained relatively stable. These findings indicate that honey-based NADES has potential as a green solvent for the extraction of red ginger rhizome, with limitations due to the absence of specific chemical compound analysis.

Keywords: Red ginger; extraction; NADES; honey; maceration

PENDAHULUAN

Rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) merupakan salah satu tanaman obat unggulan di Indonesia yang banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan, pangan, dan kosmetik. Jahe merah diketahui mengandung senyawa fenolik seperti *gingerol* dan *shogaol* yang berperan sebagai antioksidan alami. Senyawa tersebut mampu meredam radikal bebas melalui mekanisme donasi elektron sehingga mengurangi potensi kerusakan sel akibat stres oksidatif (Munadi, 2020). Data Badan Pusat Statistik (2024) menunjukkan bahwa produksi jahe meningkat setiap tahun,

mencapai 198.873.337 kg pada 2023, seiring dengan meningkatnya permintaan ekspor dan konsumsi domestik. Jahe merah memiliki nilai ekonomi tinggi karena dapat dimanfaatkan di sektor kesehatan, kecantikan, hingga makanan dan minuman.

Proses ekstraksi menjadi tahap penting untuk memperoleh senyawa bioaktif dari jahe merah (Setyawati *et al.*, 2024). Namun, penggunaan pelarut organik seperti metanol dan etil asetat berisiko terhadap kesehatan dan lingkungan. Sebagai alternatif, digunakan pelarut ramah lingkungan seperti *Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES),

yang terdiri dari senyawa alami seperti asam organik, gula, atau kolin. Madu dipilih sebagai komponen NADES karena mengandung glukosa dan fruktosa serta memiliki potensi farmakologis (Hertiani, 2020). Kombinasi madu dan akuades membentuk sistem NADES stabil yang ramah lingkungan dan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan.

Penelitian ini masih terbatasnya dalam mengkaji penggunaan sistem pelarut berbasis madu–air sebagai NADES dalam proses ekstraksi jahe merah, khususnya yang mengaitkan sifat fisik pelarut dengan mekanisme ekstraksi. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengevaluasi pengaruh variasi rasio pelarut dan waktu ekstraksi terhadap kinerja sistem tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi rasio madu–air, rasio pelarut terhadap sampel, serta waktu ekstraksi terhadap karakteristik sistem pelarut dan hasil ekstraksi jahe merah. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa perubahan rasio madu–air akan mempengaruhi sifat fisik pelarut (densitas, viskositas, dan pH), yang selanjutnya mempengaruhi mekanisme perpindahan massa selama proses ekstraksi, sehingga berdampak pada hasil ekstraksi yang diperoleh.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksploratif dan deskriptif untuk mengevaluasi karakteristik pelarut *Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES) berbasis madu–akuades serta kinerjanya dalam proses ekstraksi rimpang jahe merah. Variasi perlakuan yang digunakan meliputi rasio madu–akuades (1:6, 1:8, dan 1:10), waktu ekstraksi (12, 18, dan 24 jam), serta rasio sampel terhadap pelarut (1:5, 1:10, dan 1:15). Variasi ini digunakan untuk mengamati kecenderungan perubahan respon tanpa tujuan menentukan kondisi optimum.

Alat dan Bahan

Beberapa peralatan yang digunakan antara lain oven merek Memmert, *rotary evaporator* dan pompa vakum dari Heidolph, serta ayakan ukuran mesh 40. Digunakan pula *food dehydrator* merek PapaLolo, neraca analitik KERN PFB 300-3, serta grinder merek Miyako. Untuk tahap homogenisasi, digunakan *hot plate* merek Cimarec dan *magnetic stirrer*. Peralatan lain yang digunakan untuk karakterisasi NADES meliputi piknometer, viskometer DV-E, pH meter Eutech PC700, chromameter dari Hunter Lab, dan refraktometer. Ekstrak disimpan dalam botol vial 5 mL, dan penggunaan spatula juga diperlukan dalam proses kerja. Selama preparasi dan analisis, digunakan pula beaker glass, erlenmeyer, dan corong kaca dengan kapasitas 800 mL dan 1000 mL. Bahan penelitian meliputi bubuk jahe merah dengan ukuran mesh 40, madu hutan dengan jenis lebah *apis mellifera*, dan akuades.

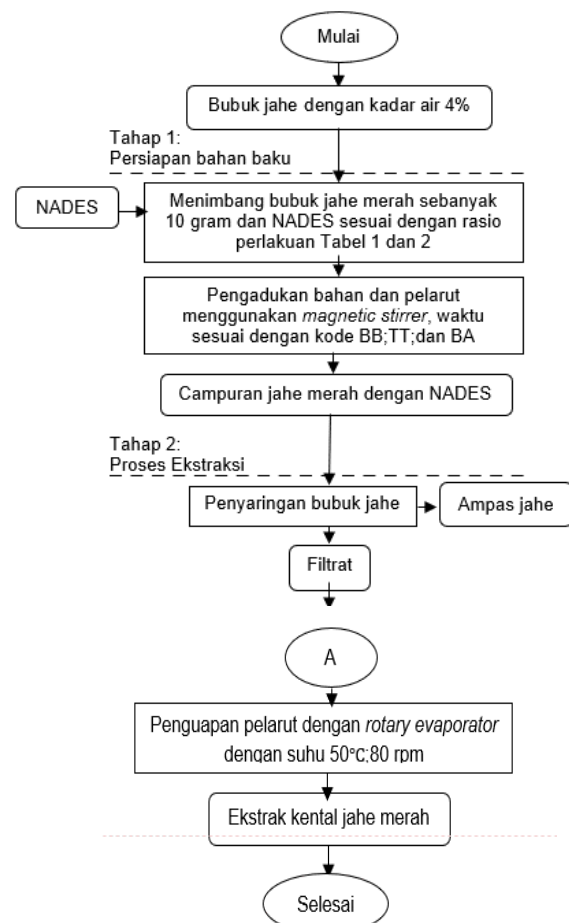
Prosedur Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan pada bulan Januari hingga April 2025, yang berlokasi di; Laboratorium Pascapanen dan Teknologi Proses 1 & 2, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.

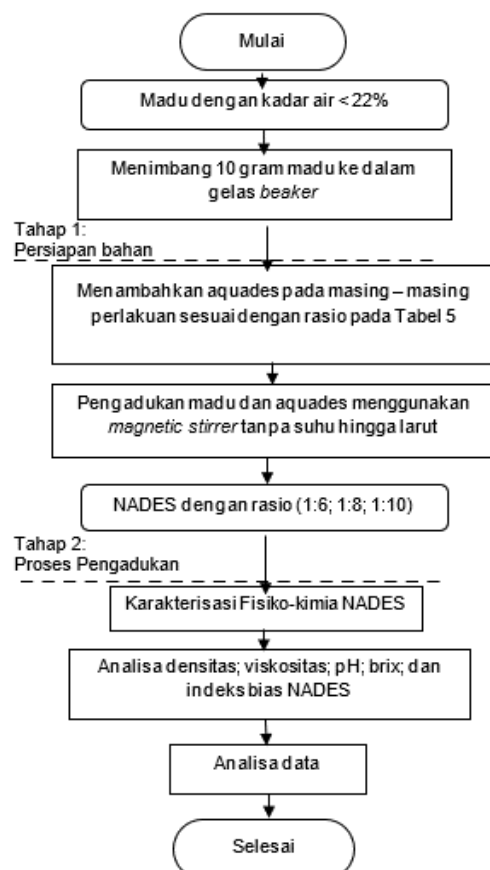
Tahapan Penelitian

Penelitian ini disusun secara sistematis dengan beberapa tahapan yang disajikan pada Gambar 1.

Tahapan preparasi lainnya meliputi penyiapan NADES sebagai pelarut. Preparasi NADES diharuskan fresh setiap tahapannya, prosedur penyiapan sampel terlampir pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir proses preparasi NADES

Penyiapan Sampel

Tahap penyiapan sampel meliputi beberapa tahapan proses seperti sortasi jahe merah, pencucian, pengirisan, pengeringan, pengecilan ukuran, dan pengayakan. Tahap sortasi dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan jahe merah yang rusak dan tidak rusak dengan mengelompokkan kualitas jahe yang layak digunakan untuk proses ekstraksi (Farrel, 2020). Setelah pengelompokan tersebut jahe akan dibersihkan dengan air mengalir untuk membersihkan jahe dari tanah yang menempel pada jahe tersebut. Pengeringan dilakukan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 50°C selama 22 jam hingga kadar air < 12% (SNI, 2005). Simplisia jahe kemudian dihaluskan menggunakan blender selama ±2 menit per siklus untuk memperoleh bubuk yang homogen. Selanjutnya, pengayakan dilakukan menggunakan ayakan 40 mesh, sejalan dengan penelitian (Saranaung *et al.*, 2018) yang menyatakan bahwa ukuran ini memberikan rendemen optimal serta memudahkan proses ekstraksi.

Pengujian kadar air

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan metode *thermogravimetri* dengan acuan AOAC 2005. Metode penentuan kadar air ini dilakukan dengan menyiapkan cawan dan kemudian dimasukan ke dalam oven (T: 105°C, t: 15 menit), kemudian dimasukan ke dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air hasil pengeringan. Sampel ditimbang setiap 5 gram dan diletakan pada cawan untuk kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Cawan didinginkan pada desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang dan dilakukan pengeringan lagi selama 1 jam, cawan dimasukan ke desikator selama 15 menit dan kembali ditimbang. Pengulangan dapat terus dilakukan hingga diperoleh bobot konstan (maksimal perbedaan 0,02 gram). Adapun perhitungan kadar air menggunakan Persamaan 1:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-(c-a)}{b} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

a= Berat cawan kosong (g)

b= Massa sampel basah (g)

c= Berat cawan dengan sampel yang sudah dikeringkan

Pengukuran Rendemen

Perhitungan rendemen dilakukan pada tahap setelah dilakukan pengeringan pada jahe merah segar menjadi simplisia jahe. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa awal}}{\text{massa akhir}} \times 100\% \quad (2)$$

Preparasi NADES

Preparasi pelarut NADES dibuat dengan batasan formulasi pada Tabel 1. Masing – masing rasio mencampurkan madu dan akuades, yaitu 1:6, 1:8, dan 1:10 (b/v). Masing-masing larutan dibuat dengan menimbang 10 g madu dan menambahkan 60 mL, 80 mL, atau 100 mL akuades. Seluruh larutan disiapkan secara segar sebelum digunakan untuk menjaga kestabilan sifat fisik dan kimia. Proses pencampuran dilakukan dalam gelas beaker menggunakan *stirrer* magnetik pada kecepatan 500 rpm selama 2 menit tanpa pemanasan, hingga larutan homogen terbentuk. Campuran madu dan air dalam penelitian ini dapat dikategorikan sebagai sistem pelarut berbasis *natural deep eutectic solvent* (NADES), karena komponen utama madu berupa monosakarida (glukosa dan fruktosa) berperan sebagai *hydrogen bond donor* (HBD) yang mampu membentuk jaringan ikatan hidrogen ekstensif dengan air

sebagai *hydrogen bond acceptor* (HBA). Interaksi ini merupakan karakteristik utama pembentukan NADES, yaitu terbentuknya sistem cair dengan stabilitas tinggi akibat jaringan ikatan hidrogen antar komponen (Dai *et al.*, 2013). Selain itu, beberapa studi melaporkan bahwa sistem berbasis gula alami yang dikombinasikan dengan air menunjukkan sifat fisikokimia khas NADES, seperti peningkatan viskositas, densitas, serta kemampuan melarutkan senyawa bioaktif (Paiva *et al.*, 2020)

Namun demikian, karena madu merupakan campuran kompleks yang tidak memiliki komposisi molar terdefinisi seperti NADES konvensional, maka sistem ini lebih tepat diklasifikasikan sebagai NADES berbasis gula alami, yang tetap mempertahankan prinsip dasar interaksi eutektik melalui jaringan ikatan hidrogen.

Preparasi Larutan Sampel + NADES

Preparasi larutan sampel + NADES dilakukan sesuai Tabel 2 yaitu dengan mencampurkan 10 g bubuk jahe dan NADES dalam tiga rasio, yaitu dengan kondisi sampel dengan waktu ekstraksi 12 jam; rasio NADES 1:6; dan rasio sampel – NADES 1:5. Sampel dibuat dengan waktu ekstraksi 18 jam; rasio NADES 1:8; dan rasio sampel – NADES 1:10, dan terakhir dengan sampel pada kondisi waktu ekstraksi 24 jam; rasio NADES 1:10; dan rasio sampel -NADES 1:15. Campuran dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, lalu dilakukan proses maserasi dengan pengadukan menggunakan *stirrer* magnetik pada kecepatan 500 rpm tanpa pemanasan hingga larutan homogen.

Karakterisasi Fisiko Kimia NADES

Pengukuran Densitas NADES

Pengukuran densitas NADES mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Santana *et al.*, 2019) menggunakan labu ukur 10 mL yang telah dikeringkan dalam oven dan ditimbang sebagai berat kosong. Labu kemudian diisi larutan NADES hingga penuh tanpa gelembung udara, lalu ditimbang kembali. Densitas dihitung berdasarkan selisih massa dan volume larutan. Prosedur ini dilakukan untuk masing-masing formulasi rasio NADES yang telah ditentukan. Rumus densitas menggunakan persamaan 3.

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Berat isi} - \text{Berat kosong}}{\text{Volume}} \quad (3)$$

Tabel 1. Rasio larutan NADES

Larutan madu:akuades	Keterangan
1:6	10 g madu + 60 mL air
1:8	10 g madu + 80 mL air
1:10	10 g madu + 100 mL air

Tabel 2. Rasio sampel – NADES

Jahe:NADES (g / mL)	Keterangan
(12 jam; 1:6 g/mL; 1:5g/mL);	10 g jahe + 50 mL NADES
(18 jam; 1:8 g/mL; 1:10 g/mL)	10 g jahe + 100 mL NADES
(24 jam; 1:10 g/mL; 1:15 g/mL).	10 g jahe + 150 mL NADES

Viskositas

Viskositas NADES diukur menggunakan viskometer digital pada suhu ruang untuk mengevaluasi perubahan kekentalan antar formulasi. Pengujian dilakukan dengan acuan standar SNI 8664:2018 menggunakan viskometer digital DV-E dengan spindel nomor 1 dengan kecepatan rotasi 50, 60, dan 100 rpm. Parameter alat diatur sesuai kebutuhan, lalu viskometer dijalankan hingga pembacaan stabil dalam kisaran 15–90% skala. Setiap sampel diuji sebanyak tiga kali, dan hasil viskositas dicatat dalam satuan mPas.

Pengukuran pH NADES

Pengukuran pH NADES dilakukan menggunakan pH meter digital untuk mengetahui tingkat keasaman larutan. Kalibrasi alat dilakukan terlebih dahulu menggunakan larutan *buffer* pH 7 dan pH 4. Elektroda kemudian dibilas dengan akuades, dikeringkan, dan dicelupkan ke dalam sampel NADES yang telah dituangkan ke dalam cawan. Nilai pH dicatat setelah pembacaan pada pH meter stabil. Rentang pH madu sebagai bahan dasar NADES umumnya berada antara 3,4 hingga 6,1 (Pemayun *et al.*, 2023).

Analisis derajat Brix

Brix adalah zat padat kering yang terlarut dalam suatu larutan yang dihitung sebagai sukrosa (Sjarif *et al.*, 2021). Analisa brix dilakukan untuk larutan madu (1:6; 1:8; dan 1:10). Langkah – langkah untuk menganalisa derajat brix dimulai dari mengkalibrasi alat terlebih dahulu sebelum digunakan menggunakan akuades dan di lap hingga kering menggunakan tissue; meneteskan sampel menggunakan pipet ke dalam refraktometer; dan klik mesh dan hasil derajat brix akan muncul pada layar alat.

Pengukuran indeks bias

Pengukuran indeks bias NADES dilakukan menggunakan refraktometer Atago™ sesuai standar ISO 280:1998. Selama pengujian, suhu dijaga pada $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$ untuk memastikan akurasi. Sampel diteteskan pada prisma refraktometer, ditutup, dan dibiarkan hingga suhu stabil. Nilai indeks bias spesifik (n_D^T) dihitung menggunakan rumus koreksi suhu:

$$n_D^T = n_D^{T'} + 0,0004(T' - T) \quad (4)$$

dengan $n_D^{T'}$ adalah nilai pembacaan pada alat, T adalah suhu standar (20°C), dan T' adalah suhu saat pengukuran.

Proses Ekstraksi

Sebanyak 10 gram bubuk simplisia jahe merah diekstraksi menggunakan pelarut NADES berbasis madu-akuades melalui metode maserasi. Proses ekstraksi dilakukan dalam 3 perlakuan yang terdiri dari pengujian variasi waktu ekstraksi; rasio NADES; serta rasio sampel-pelarut sebagai berikut (12 jam; 1:6 g/mL; 1:5g/mL); (18 jam; 1:8 g/mL; dan 1:10 g/mL); dan (24 jam; 1:10 g/mL; dan 1:15 g/mL). Ekstraksi dilakukan dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer tanpa pemanasan, pada suhu ruang dengan kecepatan putar 300 rpm sesuai waktu perlakuan. Setelah proses maserasi selesai, campuran disaring menggunakan kain saring 300 mesh dan bantuan pompa vakum untuk memisahkan filtrat dan residu ampas. Filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C dan kecepatan 80 rpm hingga diperoleh ekstrak pekat. Rendemen dihitung dengan membandingkan massa ekstrak pekat yang dihasilkan terhadap massa awal bubuk jahe merah yang digunakan dalam proses ekstraksi. Persamaan rendemen yang

digunakan mengacu pada Kautsari *et al.* (2020) pada persamaan 5 sebagai berikut:

$$\text{Rendemen Ekstrak (\%)} = \frac{\text{massa Ekstrak pekat}}{\text{massa simplisia}} \times 100\% \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting sebelum proses ekstraksi karena memengaruhi stabilitas dan efisiensi perolehan ekstrak. Berdasarkan metode AOAC 2005, kadar air jahe merah segar tercatat sebesar $79,05\% \pm 0,0369$ (basis basah). Setelah dikeringkan menggunakan *food dehydrator*, kadar air simplisia turun menjadi $7,39\% \pm 0,0157$, telah memenuhi standar SNI 01-7084-2005. Bahan kering ini kemudian dihaluskan, menghasilkan bubuk simplisia dengan kadar air $4,53\% \pm 0,0107$. Untuk menjaga kestabilan kadar air, simplisia disimpan dalam plastik vakum kedap udara dengan tambahan silica gel guna mencegah reabsorpsi uap air dari lingkungan (Nurbariyati, 2024)

Hasil Rendemen Proses

Rendemen parsial dihitung pada setiap tahapan preparasi bahan baku untuk mengetahui susut bobot selama proses berlangsung, meliputi tahap pengeringan, pengecilan ukuran, dan pengayakan (Tabel 3). Rendemen pengeringan sebesar $39,52 \pm 0,005\%$ menunjukkan berkurangnya bobot akibat penguapan air dari jahe segar. Proses pengecilan ukuran menghasilkan rendemen tinggi, yaitu $97,79 \pm 0,011\%$, menandakan efisiensi pengolahan bahan kering menjadi bubuk. Sementara itu, rendemen pengayakan tercatat sebesar $63,85 \pm 0,346\%$, menunjukkan proporsi bahan yang lolos dari ayakan 40 mesh, dengan kehilangan sebagian kecil karena serpihan halus saat pemindahan bahan.

Hasil Rendemen Ekstrak

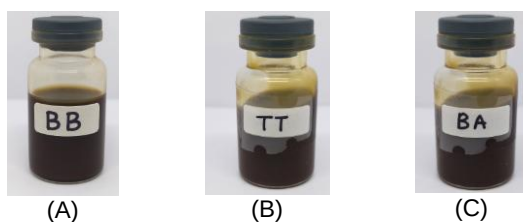
Hasil perhitungan rendemen ekstrak jahe dihitung untuk mengetahui efisiensi proses ekstraksi dalam menghasilkan senyawa bioaktif dari simplisia jahe merah. Rendemen ekstrak jahe diperoleh dengan membandingkan jumlah ekstrak yang dihasilkan dari proses ekstraksi dengan massa jahe bubuk yang digunakan sebagai bahan baku. Hasil rendemen yang dihasilkan berbeda-beda pada setiap kondisi ekstraksinya yaitu berkisar diantara 32-86%. Hasil pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar fraksi zat aktif yang berhasil diekstraksi oleh pelarut NADES pada setiap kombinasi perlakuan. Persentase rendemen ekstrak dari seluruh perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rendemen proses

Proses	Rendemen Parsial (%)
Pengeringan	$39,52 \pm 0,005$
Pengecilan Ukuran	$97,79 \pm 0,011$
Pengayakan	$63,85 \pm 0,346$

Tabel 4. Rendemen ekstrak

Kode Sampel	Rendemen
(12 jam; 1:6 g/mL; 1:5g/mL)	$32,20\% \pm 0,000$
(18 jam; 1:8 g/mL; 1:10 g/mL)	$98,55\% \pm 0,000$
(24 jam; 1:10 g/mL; 1:15 g/mL).	$86,40\% \pm 0,000$



Gambar 3. Hasil ekstrak jahe menggunakan pelarut NADES; (A) 12 jam; 1:6 g/mL; 1:5g/mL; (B) (18 jam; 1:8 g/mL; dan 1:10 g/mL); (C) (24 jam; 1:10 g/mL; dan 1:15 g/mL).

Tabel 5. Hasil karakterisasi NADES

Rasio Larutan	Rata – rata dan Standar deviasi		
	Densitas (g/mL)	Viskositas (mPas)	pH
1:6	1,059 ± 0,039	30,60 ± 5,506	3,41 ± 0,005
1:8	1,033 ± 0,000	27,00 ± 6,557	3,27 ± 0,005
1:10	1,027 ± 0,000	23,30 ± 3,511	3,28 ± 0,005

Hasil perhitungan rendemen ekstrak jahe merah dengan variasi kondisi ekstraksi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar sampel. Pada sampel yang diekstraksi selama 12 jam dengan rasio NADES 1:6 g/mL dan rasio sampel:NADES 1:5 g/mL, diperoleh rendemen sebesar 32,20% dengan massa ekstrak 3,22 gram dari 10 gram simplisia. Sementara itu, sampel BT yang diekstraksi selama 18 jam dengan rasio NADES 1:8 g/mL dan rasio sampel:NADES 1:10 g/mL menghasilkan rendemen tertinggi yaitu 98,55% atau setara 9,855 gram ekstrak. Pada kondisi ekstraksi selama 24 jam dengan rasio NADES 1:10 g/mL dan rasio sampel:NADES 1:15 g/mL (sampel BA), rendemen sedikit menurun menjadi 86,40% atau 8,64 gram. Variasi ini menunjukkan bahwa kondisi proses sangat memengaruhi efisiensi ekstraksi. Rendemen yang tinggi pada kondisi BT menyatakan bahwa kombinasi waktu ekstraksi yang cukup panjang dan rasio pelarut-sampel yang seimbang dapat memaksimalkan difusi senyawa aktif dari matriks simplisia ke dalam pelarut.

Hal ini sejalan dengan temuan (Firdaus *et al.*, 2020), yang menyatakan bahwa waktu ekstraksi dan rasio pelarut memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil ekstraksi senyawa bioaktif karena mempengaruhi gradien konsentrasi dan difusi massa. Selain itu, studi oleh (Mun'im & Ahmad, 2023) menegaskan bahwa efisiensi ekstraksi juga bergantung pada kepadatan pelarut serta kapasitas pelarut dalam melarutkan komponen target, yang dalam hal ini diwakili oleh variasi konsentrasi NADES. Dengan demikian, data ini memberikan gambaran bahwa optimasi parameter ekstraksi seperti waktu, rasio pelarut, dan rasio sampel sangat penting untuk memperoleh rendemen maksimal. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa tidak selalu waktu yang lebih lama akan menghasilkan rendemen tertinggi, karena efisiensi ekstraksi juga dipengaruhi oleh keseimbangan antara pelarut dan massa bahan. Tampak fisik ekstrak tersebut terlampir pada Gambar 3.

Hasil Karakterisasi NADES

Karakterisasi fisik NADES meliputi pengukuran densitas, viskositas, dan pH pada tiga rasio pelarut madu:air (1:6, 1:8, dan 1:10). Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5. Pada rasio 1:6, densitas tertinggi diperoleh sebesar 1,0588 g/mL dengan viskositas 30,6 mPas dan pH 3,41. Densitas

menurun seiring dengan bertambahnya volume air dalam rasio pelarut, dengan nilai 1,0327 g/mL pada rasio 1:8 dan 1,0272 g/mL pada rasio 1:10. Hal ini secara fisik, penurunan densitas ini mencerminkan berkurangnya kerapatan molekul dalam larutan, sehingga jarak antar molekul menjadi lebih renggang dan interaksi antarmolekul melemah. (Septiana *et al.*, 2019). Sejalan dengan penurunan densitas, perubahan viskositas juga menunjukkan tren menurun (Rahman *et al.*, 2023). Viskositas larutan berkurang dari 30,6 mPas (1:6) menjadi 23,3 mPas (1:10), yang menandakan kekentalan larutan semakin rendah akibat pelarutan madu yang lebih encer. Viskositas tinggi pada sistem madu menyebabkan laju difusi senyawa bioaktif dari matriks tanaman menjadi lebih lambat karena hambatan perpindahan massa meningkat. Oleh karena itu, sifat fisik yang paling berpengaruh terhadap mekanisme ekstraksi karena menentukan hambatan aliran dan laju difusi dalam sistem. Penurunan viskositas akibat penambahan air meningkatkan mobilitas molekul sehingga mempercepat perpindahan massa. (Firdaus *et al.*, 2020).

Sementara itu, nilai pH pada ketiga rasio larutan menunjukkan kestabilan yang relatif baik, dengan kisaran 3,27–3,41. Meskipun terdapat sedikit fluktuasi, seluruh nilai pH masih berada dalam kisaran keasaman khas madu, yaitu cenderung asam. Selanjutnya, hasil standar deviasi pada setiap parameter menguatkan konsistensi data. Standar deviasi terkecil ditunjukkan pada pH (0,005), mencerminkan kestabilan antar ulangan. Di sisi lain, variasi viskositas yang lebih tinggi dibandingkan parameter lain menunjukkan bahwa viskositas lebih sensitif terhadap perubahan komposisi pelarut (Rizka *et al.*, 2019).

Tabel 6. Hasil brix dan indeks bias

Sampel	Rata – rata dan Standar deviasi		Kenampakan
	Brix	Indeks Bias	
1:6	11,5 ± 0,001	1,489 ± 0,0005	
1:8	9,3 ± 0,000	1,482 ± 0,0005	
1:10	7,6 ± 0,000	1,475 ± 0,0005	
Madu murni	79,30 ± 0,577	1,501 ± 0,0005	

Hasil Brix dan Indeks Bias NADES

Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 6, yang mana bahwa nilai Brix semakin menurun seiring dengan meningkatnya pengenceran. Pada rasio 1:6, nilai Brix tercatat sebesar 11,5%, kemudian menurun menjadi 9,3% pada rasio 1:8, dan paling rendah pada rasio 1:10 sebesar 7,6%. Penurunan ini menggambarkan berkurangnya jumlah zat terlarut, khususnya gula, dalam larutan akibat bertambahnya volume air. Jika dibandingkan dengan madu murni yang memiliki nilai Brix sangat tinggi, yaitu 79,33%, maka terlihat jelas bahwa proses pencampuran dengan air menurunkan konsentrasi gula secara signifikan. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan tingginya konsentrasi gula atau padatan terlarut lainnya pada sampel-sampel tersebut, yang berkontribusi terhadap peningkatan nilai Brix (Hapsari et al., 2024). Tren serupa juga terlihat pada nilai indeks bias. Rasio 1:6 memiliki nilai indeks bias tertinggi di antara ketiga rasio, yaitu 1,4883, diikuti oleh 1:8 sebesar 1,4820, dan 1:10 sebesar 1,4753. Nilai indeks bias madu murni jauh lebih tinggi, yakni 1,5013. Penurunan indeks bias menunjukkan penurunan kerapatan optik larutan, yang juga mengindikasikan bahwa larutan menjadi lebih encer dan jernih karena zat padat terlarut semakin sedikit (Srikandi et al., 2020).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pelarut berbasis madu–air dapat digunakan dalam proses maserasi rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*). Kombinasi waktu ekstraksi 18 jam, rasio madu–air 1:8, dan rasio sampel–pelarut 1:10 menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 98,55%, yang menunjukkan bahwa parameter proses ekstraksi berpengaruh terhadap jumlah ekstrak yang diperoleh. Karakterisasi fisik pelarut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi air menurunkan densitas, viskositas, °Brix, dan indeks bias, sementara pH relatif stabil. Perubahan sifat fisik ini berperan dalam mempengaruhi kondisi perpindahan massa selama proses ekstraksi, khususnya melalui perubahan hambatan aliran dan mobilitas molekul dalam sistem pelarut.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya mengukur rendemen total ekstrak tanpa melakukan identifikasi maupun kuantifikasi komponen penyusunnya. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh tidak dapat menggambarkan secara spesifik komposisi ekstrak maupun kualitas komponen yang terekstraksi. Selain itu, penggunaan sistem madu–air dalam penelitian ini masih dikaji sebagai sistem pelarut berbasis alami (NADES) sehingga generalisasi sebagai NADES sejati masih memerlukan pembuktian lebih lanjut. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem madu–air berpotensi digunakan sebagai media ekstraksi berbasis bahan alami, namun efektivitasnya dalam mengekstrak komponen tertentu serta mekanisme kerjanya secara spesifik masih perlu dikaji lebih lanjut melalui analisis lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran atas fasilitas laboratorium yang diberikan selama pelaksanaan penelitian, serta kepada dosen pembimbing dan tim laboran yang telah memberikan arahan, bantuan teknis, dan dukungan selama proses pengumpulan dan analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Dai, Y., van Spronsen, J., Witkamp, G.-J., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2013). Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. *Analytica Chimica Acta*, 766, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.12.019>
- Farrel, R. (2020). *Analisis Mutu Simplisia Rimpang Jahe Merah (Zingiber officinale Var. Rubrum) dengan Suhu Pengeringan yang Berbeda*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU.
- Firdaus, S. M., Rosyidah, M., Permadi, A., Sulistiawati, E., & Setya, B. (2020). *Optimasi Proses Ekstraksi Maserasi: Analisis Terhadap Variabel yang Berpengaruh*.
- Hapsari, D. R., Indrastuti, N. A., & Pratiwi, N. I. (2024). Karakteristik Organoleptik Dan Fisikokimia Minuman Fungsional Ekstrak Kulit Buah Mangga Golek dengan Penambahan Ekstrak Jahe Merah Dan Madu. *Jurnal Agroindustri Halal*, 10(1), 69–77.
- Hertiani, T. (2020). *Mengulik Potensi Madu untuk Meningkatkan Kualitas Ekstraksi Obat Herbal*. 1.
- Mun'im, A., & Ahmad, I. (2023). *Aplikasi Teknik Ekstraksi Hijau Pada Pengembangan Obat Herbal*. Deepublish.
- Munadi, R. (2020). Analisis komponen kimia dan uji aktivitas antioksidan ekstrak rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* Rosc. Var *Rubrum*). *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 2(1), 1–6.
- Nurbariyati, N. (2024). *Studi Masa Simpan Simplisia Jahe Emprit (Zingiber officinale var. amarum) di Unit Bina Agro Mandiri*. Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta Magelang.
- Paiva, A., Craveiro, R., Aroso, I., Martins, M., Reis, R. L., & Duarte, A. R. C. (2020). Natural Deep Eutectic Solvents – Solvents for the 21st Century. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2(5), 1063–1071. <https://doi.org/10.1021/sc500096j>
- Pemayun, C. I. D. L., Ambarawati, I. G. A. D., Pradnyani, I. G. A. S., & Sudirman, P. L. (2023). Perbandingan efektivitas madu budidaya (apis cerana) dan madu hutan (apis dorsata) terhadap re-epitelisasi penyembuhan ulkus traumatikus pada mukosa mulut tikus wistar (*Rattus norvegicus*). *Bali Dental Journal*, 7(2), 91–98.
- Rahman, M. K., Fachriyah, E., & Kusriani, D. (2023). Ekstraksi Daun Salam Berbasis Natural Deep Eutectic Solvent dan Pemanfaatannya sebagai Antioksidan. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 2(2), 7–12.
- Rizka, S. R., Susanti, S., & Nurwantoro, N. (2019). Pengaruh Jenis Pemanis Yang Berbeda Terhadap Viskositas dan Nilai pH Sirup Ekstrak Daun Jahe (*Zingiber Officinale*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 152–154.
- Santana, A. P. R., Mora-Vargas, J. A., Guimaraes, T. G. S., Amaral, C. D. B., Oliveira, A., & Gonzalez, M. H. (2019). Sustainable synthesis of natural deep eutectic solvents (NADES) by different methods. *Journal of Molecular Liquids*, 293, 111452.
- Septiana, A. T., Handayani, I., & Winarsi, H. (2019). Aktivitas antioksidan dan sifat fisikokimia madu temulawak (*curcuma zanthorrhiza roxb*) yang ditambah ekstrak jahe (*zingiber officinale rosc*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(4), 155–160.
- Setyawati, H., Anindita, P. R., Amrullah, A., Herliana, F., & Nanda, S. A. (2024). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK RIMPANG JAHE MERAH (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI ETANOL, DAN AKTIVITAS FAGOSITOSIS. *Jl-KES (Jurnal Ilmu Kesehatan)*,

7(2), 120–129.

- Sjarif, S. R., Nuryadi, A. M., Sulistiorini, J., & Sukron, A. (2021). Penambahan Glukosa dan Pengaruh Derajat Brix untuk Menghambat Proses Kristalisasi pada Produk Gula Cair Nira Aren. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1), 27–36.
- Srikandi, S., Humaeroh, M., & Sutamihardja, R. T. M. (2020). Kandungan gingerol dan shogaol dari ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe) dengan metode maserasi bertingkat. *Al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 7(2), 75–81.

Halaman ini sengaja dikosongkan