*Volume 7, No. 2, 2026*

*ISSN 2723-7583 (Online)*

# Pengaruh Ekstraksi Hijau Menggunakan NADES Terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Tua Mangrove *Avicennia marina*

## *Impact Of Nades-Based Green Extraction On The Characteristics Of Mature Mangrove Avicennia marina Leaf Extracts*

**Desy Arisandi[*1], Hartati Kartikaningsih[1], Heder Djamaludin[1], Febrian Salim Prasetyo[1], Mirza Gulam Ahmad[1], Jeny Ernawati Tambunan[1], Gilang Rusrita Aida[2], Kristina Marsela[3]**

[1]Study Program of Fishery Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, Veteran Street No. 1, Malang 65145, East Java, Indonesia
[2]Study Program of Aquatic Resources Management, Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, Veteran Street No. 1, Malang 65145, East Java, Indonesia
[3]Study Program of Fisheries Resource Utilization, Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, Veteran Street No. 1, Malang 65145, East Java, Indonesia

*Corresponding author email: arisandidesy@ub.ac.id

*Submitted: 18 January 2026 / Revised: 06 March 2026 / Accepted: 31 March 2026*

*http://doi.org/10.21107/juvenil.v7i2.33201*

**ABSTRAK**

*Ekstraksi hijau menggunakan Natural Deep Eutectic Solvent (NADES) berpotensi meningkatkan efisiensi perolehan senyawa bioaktif dari bahan mangrove. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi rasio mol NADES asam sitrat:glukosa terhadap karakteristik ekstrak daun tua mangrove Avicennia marina, meliputi kadar air simplisia, rendemen, pH, dan profil fitokimia kualitatif. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap nonfaktorial dengan empat perlakuan rasio mol (1:1, 2:1, 3:1, 4:1) dan empat ulangan. Simplisia dibuat dari daun tua, kemudian diekstraksi menggunakan NADES, diikuti pengukuran rendemen dan pH serta skrining fitokimia (alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, terpenoid). Data rendemen dan pH dianalisis menggunakan ANOVA dan uji Tukey (α=5%). Kadar air simplisia sebesar 8,40±0,53%. Rendemen meningkat seiring kenaikan rasio asam sitrat dengan nilai tertinggi pada 4:1 (76,90±0,47%) dan terendah pada 1:1 (74,60±1,10%). pH ekstrak menurun dari 1,88±0,02 (1:1) menjadi 1,51±0,02 (4:1). Skrining fitokimia menunjukkan flavonoid, tanin, dan alkaloid terdeteksi pada semua perlakuan. Rasio 4:1 direkomendasikan sebagai kondisi awal untuk standardisasi ekstrak dan penelitian lanjutan berbasis kuantifikasi dan bioaktivitas.*

***Kata kunci**: Avicennia marina; NADES; ekstraksi hijau; rendemen; fitokimia*

**ABSTRACT**

*Green extraction using Natural Deep Eutectic Solvents (NADES) offers a safer and potentially more efficient approach to recover bioactive compounds from mangrove biomass. This study aimed to evaluate the effect of citric acid–glucose NADES molar ratio on the characteristics of mature mangrove (Avicennia marina) leaf extracts, including simplicia moisture content, extraction yield, extract pH, and qualitative phytochemical profile. A completely randomized design with four NADES molar ratios (1:1, 2:1, 3:1, 4:1) and four replicates was applied. Dried mature leaves were processed into simplicia and extracted using the corresponding NADES, followed by yield and pH measurements and phytochemical screening (alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, steroids, terpenoids). Yield and pH were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test (α=0.05). The moisture content of the simplicia was 8.40±0.53%. Extraction yield increased with higher citric acid proportion, reaching the highest value at 4:1 (76.90±0.47%) and the lowest at 1:1 (74.60±1.10%). Extract pH decreased from 1.88±0.02 (1:1) to 1.51±0.02 (4:1). Phytochemical screening consistently detected flavonoids, tannins, and alkaloids across all treatments. The 4:1 NADES ratio is recommended as an initial condition for extract standardization and further quantitative and bioactivity-based studies.*

***Keywords**: Avicennia marina; NADES; green extraction; yield; phytochemicals*

## PENDAHULUAN

Mangrove *Avicennia marina* merupakan salah satu spesies yang banyak ditemukan di wilayah pesisir tropis dan dikenal kaya akan metabolit sekunder, terutama kelompok fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, dan saponin yang berpotensi sebagai antioksidan, antimikroba, dan potensi farmakologis lainnya. Berbagai studi menunjukkan bahwa ekstrak daun *Avicennia marina* mengandung total fenolik dan flavonoid yang tinggi serta memperlihatkan aktivitas biologis terhadap mikroorganisme patogen. Ibrahim *et al*. (2022), melaporkan bahwa ekstrak daun *Avicennia marina* menunjukkan potensi antioksidan dan antimikroba, sekaligus profil senyawa yang beragam berdasarkan analisis kimia. Studi kompilatif mutakhir juga menegaskan bahwa *Avicennia marina* merupakan *reservoir* senyawa bioaktif yang telah lama dimanfaatkan secara etnofarmakologis, dan terus dikaji untuk pengembangan bahan baku berbasis alam yang lebih aman dan berkelanjutan (ElDohaji *et al*., 2020; Zhou *et al*., 2025). Selain itu, pemetaan profil fitokimia daun *Avicennia marina* menunjukkan variasi kandungan serta potensi aktivitas berbeda pada lokasi dan kondisi lingkungan yang berbeda. Sehingga hal ini memperkuat pentingnya pendekatan ekstraksi dan standardisasi awal sebelum pengembangan lanjutan (Mitra *et al*., 2023; Rozirwan *et al*., 2022).

Meskipun potensi fitokimia daun *Avicennia marina* cukup tinggi, tahapan kunci yang sering menentukan keberhasilan pemanfaatannya adalah proses ekstraksi. Praktik ekstraksi konvensional pada bahan hayati umumnya menggunakan pelarut organik, misalnya metanol, etanol konsentrasi tinggi, aseton, etil asetat, dan heksana yang efektif namun menghadirkan isu keselamatan seperti residu pelarut, toksisitas, serta dampak lingkungan dan kesehatan kerja (Kartikaningsih *et al*., 2024). Selain itu, pelarut konvensional tidak selalu optimal untuk melarutkan spektrum fitokimia yang sangat beragam polaritasnya, sehingga dapat menurunkan efisiensi atau selektivitas ekstraksi. Sejalan dengan berkembangnya konsep *green extraction*, tren riset terbaru menekankan perlunya teknologi ekstraksi yang lebih ramah lingkungan melalui pemilihan pelarut hijau, pengurangan penggunaan pelarut berbahaya, serta optimalisasi kondisi proses agar efisien dan aman (Herrero, 2024). Dalam konteks ini, *deep eutectic solvents* (DES) khususnya *natural deep eutectic solvents* (NADES) menjadi alternatif karena dapat dirancang dari komponen alami/*food grade*, berpotensi lebih aman, dan dapat diatur secara spesifik sifat fisikokimianya sesuai target senyawa (Aktaş & Kurek, 2024; Socas-Rodríguez *et al*., 2021).

*Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES) berkembang sebagai pelarut hijau yang tersusun dari komponen alami seperti asam organik, gula, dan kolin, yang berinteraksi melalui jaringan ikatan hidrogen sehingga memiliki titik lebur campuran lebih rendah dibandingkan masing-masing komponennya. Keunggulan utama NADES adalah fleksibilitas komposisi yang memungkinkan pengaturan polaritas, viskositas, kemampuan membentuk jejaring ikatan hidrogen, hingga kapasitas melarutkan metabolit yang berbeda (Liu *et al*., 2018). Di sektor pangan agro, NADES dipandang menjanjikan untuk menghasilkan ekstrak *clean label* karena komponennya dapat dipilih dari senyawa yang relatif aman, sekaligus memperluas jangkauan senyawa yang dapat terekstrak (Mišan *et al*., 2020). Studi terbaru juga menegaskan peran NADES dalam mendukung strategi formulasi dan pemrosesan yang lebih hijau, termasuk potensi peningkatan kelarutan, stabilitas, dan performa ekstraksi senyawa tumbuhan (Chevé-Kools *et al*., 2025; Hikmawanti *et al*., 2021).

Pemilihan kombinasi NADES asam sitrat:glukosa pada penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan ilmiah dan praktis. Asam sitrat (asam organik) dan glukosa (gula) merupakan komponen yang relatif aman dan tersedia luas, serta mampu membentuk jaringan ikatan hidrogen yang kuat pada sistem eutektik. Kombinasi asam organik–gula termasuk formulasi NADES yang sering dieksplorasi untuk ekstraksi metabolit polar:semi polar pada bahan alam, dengan kinerja yang sangat dipengaruhi oleh komposisi dan rasio molarnya (Liu *et al*., 2018; Socas-Rodríguez *et al*., 2021). Studi terbaru terkait ekstraksi menggunakan NADES menunjukkan bahwa sistem berbasis asam organik:gula dapat menghasilkan efisiensi berbeda untuk kelompok senyawa tertentu; bahkan pada komoditas berbeda, rasio asam organik:gula tertentu dapat lebih efektif untuk target fenolik/terpenoid dibanding rasio lainnya. Hal ini menegaskan bahwa komposisi NADES adalah faktor penentu performa ekstraksi (Vo *et al*., 2024). Sehingga, penentuan rasio molar asam sitrat:glukosa menjadi relevan untuk menemukan kondisi yang paling sesuai bagi daun tua *Avicennia marina*, yang komposisi fitokimianya dapat dipengaruhi oleh umur daun dan kondisi habitat (Zhou *et al*., 2025; Mitra *et al*., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab kebutuhan data dasar untuk standardisasi awal ekstrak daun tua *Avicennia marina* hasil ekstraksi hijau. Variasi rasio molar NADES asam sitrat:glukosa berpotensi mengubah sifat medium misalnya tingkat keasaman yang efektif, jejaring ikatan hidrogen, dan kemampuan solvatasi, sehingga memengaruhi karakteristik ekstrak yang dihasilkan. Karakterisasi awal yang dipilih yaitu kadar air bahan/simplisia, rendemen ekstrak, pH ekstrak, serta skrining fitokimia yang dipandang sebagai indikator mutu dasar yang penting untuk menilai konsistensi proses dan menjadi dasar pengambilan keputusan sebelum masuk tahap bioaktivitas atau optimasi lanjutan. Pendekatan ini juga sejalan dengan arah riset ekstraksi hijau yang menekankan efisiensi, keamanan, dan keterukuran parameter proses maupun produk ekstrak (Herrero, 2024).

Sehingga penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi rasio molar NADES asam sitrat:glukosa terhadap karakteristik ekstrak daun tua *Avicennia marina*. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemetaan hubungan rasio molar NADES dengan indikator mutu dasar ekstrak sebagai langkah standardisasi awal ekstrak *Avicennia marina* berbasis ekstraksi hijau, sehingga dapat menjadi dasar pemilihan kondisi ekstraksi yang lebih konsisten untuk pengujian bioaktivitas dan pengembangan aplikasi bahan alam berikutnyam maka penelitian ini perlu dilakukan.

## MATERI DAN METODE

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah daun tua mangrove *Avicennia marina* yang diperoleh dari Hutan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Metode penelitian bersifat eksperimen menggunakan RAL nonfaktorial dengan 4 perlakuan variasi rasio molar NADES asam sitrat:glukosa yang berbeda, diantaranya 1:1; 2:1; 3:1; dan 4:1. Kemudian dilakukan tahapan preparasi simplisia, pengukuran kadar air simplisia, pembuatan larutan NADES dan proses ekstraksi, dilanjutkan dengan pengukuran rendemen serta pH ekstrak, skrining fitokimia, dan analisis data. Formulasi pembuatan larutan NADES disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Formulasi NADES asam sitrat:glukosa

| Perlakuan | Rasio NADES (Asam sitrat : Glukosa) | Aquades (mL) | Proses pembuatan NADES |
|---|---|---|---|
| P1 | 1:1 | 35 | Dipanaskan pada suhu 50–80°C hingga larutan pekat, lalu ditambah aquades 35 mL, diaduk (magnetic stirrer) 200 rpm pada 80°C selama 1 jam (tertutup), didinginkan* |
| P2 | 2:1 | 35 | |
| P3 | 3:1 | 35 | |
| P4 | 4:1 | 35 | |

*Socas-Rodríguez *et al*., (2021)

### Preparasi Simplisia Daun Tua *Avicennia marina*

Daun tua *Avicennia marina* segar dicuci dengan air mengalir, ditiriskan, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50$^{o}$C selama ±90 menit hingga kadar air berkurang. Sampel kering kemudian dihancurkan menggunakan blender/grinder dan diayak (±60 mesh) untuk memperoleh serbuk simplisia homogen. Serbuk disimpan dalam wadah tertutup untuk selanjutnya dianalisis dan diekstraksi (Kartikaningsih *et al*., 2024).

### Pengukuran Kadar Air Simplisia

Kadar air simplisia ditentukan dengan metode *gravimetri* (*oven drying*): cawan kosong dikeringkan dan ditimbang (A), sampel serbuk simplisia ditimbang dalam cawan (B), kemudian dikeringkan pada oven (±105°C) hingga berat konstan dan ditimbang kembali (C) yaitu berat simplisia kering dalam cawan. Kadar air dihitung menggunakan persamaan:

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100\%$$

Dimana, A adalah berat cawan kosong (g); B adalah berat cawan + sampel sebelum oven (g); C adalah berat cawan + sampel setelah oven (g)

### Proses Ekstraksi Daun Tua *Avicennia marina* menggunakan NADES

Ekstraksi dilakukan dengan menimbang serbuk simplisia dan menambahkan NADES dengan rasio padat:cair 1:20 (g/mL), misal 5 g simplisia : 100 mL NADES. Campuran dimasukkan dalam *beaker glass* dan diekstraksi pada suhu 50°C selama 40 menit, kemudian disaring dengan kain saring/blancu). Filtrat/ekstrak kemudian disentrifugasi pada kecepatan 5.000

rpm selama 15 menit untuk memperoleh supernatan ekstrak yang lebih jerni, dan disimpan dalam botol vial gelap pada suhu ruang hingga pengujian. Pendekatan rasio dan optimasi proses sejalan dengan studi ekstraksi berbasis NADES pada bahan herbal untuk memperoleh fraksi fenolik/terpenoid (Vo *et al*., 2024).

**Pengukuran Rendemen dan pH Ekstrak**

Pengukuran rendemen bertujuan untuk menilai efisiensi ekstraksi dan membandingkan kemampuan tiap rasio NADES dalam menghasilkan ekstrak, sedangkan pengukuran pH bertujuan untuk mengkarakterisasi tingkat keasaman ekstrak sebagai indikator kondisi kimia yang dapat memengaruhi stabilitas serta kesesuaian ekstrak untuk analisis dan uji lanjutan. Rendemen (*yield*) ekstrak dihitung sebagai persen massa ekstrak terhadap massa simplisia awal:

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Berat\ ekstrak\ (g)}{Berat\ simplisia\ (g)} \times 100\%$$

pH ekstrak diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi (buffer pH 4,00 dan 7,00). Elektroda dicelupkan ke dalam ekstrak hingga pembacaan stabil, kemudian nilai pH setiap perlakuan dicatat.

**Skrining Fitokimia**

Skrining fitokimia dilakukan secara kualitatif untuk mendeteksi golongan metabolit sekunder utama pada ekstrak. Prosedur umum mengacu pada metode skrining cepat berbasis reaksi warna/endapan yang biasa digunakan pada ekstrak tumbuhan (Godlewska *et al*., 2022; Hayat et al., 2020). Skrining senyawa alkaloid dengan cara ekstrak direaksikan dengan HCl, kemudian ditambahkan pereaksi dragendorff; hasil positif ditandai perubahan warna jingga hingga merah. Skrining senyawa flavonoid dengan cara ekstrak diberi HCl pekat sesuai prosedur, dipanaskan singkat; hasil positif ditandai perubahan warna jingga atau kuning. Skrining senyawa saponin dengan cara ekstrak dikocok dengan akuades hingga terbentuk busa; ditambah HCl; positif jika busa stabil. Skrining senyawa tanin dengan cara penambahan $FeCl_3$ 5% menghasilkan warna biru/hijau (positif tanin). Skrining senyawa steroid dengan cara penambahan asam asetat anhidrat dan $H_2SO_4$ pekat, terbentuk warna biru/hijau (positif steroid). Skring senyawa terpenoid dengan cara penambahan kloroform dan $H_2SO_4$ pekat, terbentuk warna merah kecoklatan/ungu (positif terpenoid).

**Analisis data**

Data kuantitatif (kadar air, rendemen, dan pH) diperoleh dari tiga kali ulangan (n = 3) pada setiap perlakuan (4 perlakuan diantaranya 1:1; 2:1; 3:1; dan 4:1). Data tersebut terlebih dahulu diuji asumsi normalitas dan homogenitas. Apabila asumsi terpenuhi, analisis dilanjutkan menggunakan ANOVA satu arah pada taraf nyata 5%. Jika hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilakukan uji lanjut Tukey ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Kadar Air Simplisia Daun Tua Mangrove *Avicennia marina***

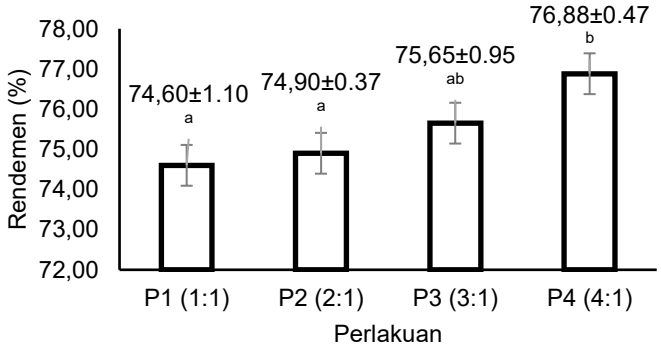
Kadar air merupakan kandungan terbesar dalam organisme hidup. Air dalam sel organisme dapat berfungsi dalam proses metabolisme. Hasil pengujian kadar air simplisia daun tua *Avicennia marina* menunjukkan rata-rata 8.40±0.53%. Nilai ini diperoleh dari perhitungan metode gravimetri (basis basah). Secara ilmiah, kadar air simplisia yang relatif rendah penting karena dapat mengurangi risiko pertumbuhan mikroba, memperlambat reaksi degradasi seperti hidrolisis/oksidasi selama penyimpanan, dan membantu menghasilkan serbuk yang lebih stabil untuk ekstraksi (Socas-Rodríguez *et al*., 2021). Pada bahan daun, kadar air yang terkendali juga membantu konsistensi proses ekstraksi karena pelarut NADES bekerja pada matriks yang kadar airnya tidak terlalu bervariasi, sehingga kontribusi air internal dari sampel terhadap polaritas total sistem ekstraksi tidak berubah ekstrem. Dalam konteks ekstraksi hijau, konsistensi ini penting karena NADES sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kadar air (*water content*) yang menentukan viskositas dan kemampuan perpindahan massa (Socas-Rodríguez *et al*., 2021; Hikmawanti *et al*., 2021).

Selain aspek stabilitas penyimpanan, kadar air simplisia sebesar 8.40±0.53% juga mengindikasikan bahwa proses pengeringan telah menghasilkan matriks daun yang cukup kering untuk meminimalkan pengenceran tidak terkontrol pada sistem ekstraksi berbasis NADES, namun masih realistis untuk memfasilitasi pembasahan (*wetting*) dan penetrasi pelarut ke jaringan simplisia. Hal ini relevan karena pada ekstraksi menggunakan NADES, air berperan ganda yaitu pada satu sisi, air (baik dari pelarut maupun dari sampel) dapat menurunkan viskositas dan meningkatkan difusivitas sehingga memperbaiki perpindahan massa; namun di

sisi lain, kadar air yang berlebihan dapat mengganggu jejaring ikatan hidrogen NADES dan mengubah polaritas efektif, sehingga menurunkan selektivitas pelarutan senyawa target (Mišan *et al*., 2020; Socas-Rodríguez *et al*., 2021). Dengan demikian, kadar air simplisia yang terkendali menjadi salah satu prasyarat penting agar performa ekstraksi antar perlakuan rasio NADES dapat dibandingkan secara lebih adil.

**Rendemen Ekstrak Daun Tua Mangrove *Avicennia marina***

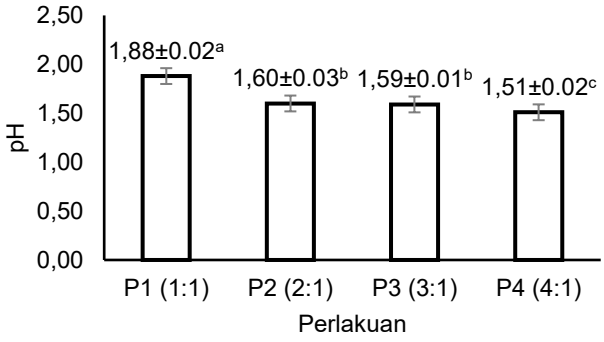
Pengukuran Rendemen (*yield*) ekstrak dilakukan untuk menilai efisiensi ekstraksi (berapa banyak ekstrak yang berhasil diperoleh dari simplisia) serta membandingkan kemampuan tiap rasio NADES dalam melarutkan/menarik komponen terlarut. Data ini penting untuk menentukan perlakuan yang paling produktif dan konsisten sebagai dasar optimasi/standardisasi proses. Rendemen ekstrak daun tua *Avicennia marina* meningkat seiring naiknya rasio mol NADES asam sitrat:glukosa, dengan nilai terendah pada P1 (1:1) sebesar 74.60±1.10% dan tertinggi pada P4 (4:1) sebesar 76.88±0.47% (**Gambar 1**). Uji ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0.05$) sehingga rasio NADES berpengaruh nyata terhadap rendemen. Secara mekanistik, perubahan komposisi NADES dapat mengubah polaritas efektif, kekuatan jejaring ikatan hidrogen, dan viskositas sehingga memengaruhi kemampuan pelarutan serta perpindahan massa selama ekstraksi. Peningkatan proporsi asam sitrat diduga memperkuat interaksi pelarut senyawa polar (misalnya fenolik/flavonoid) dan membantu pelepasan komponen terikat dari matriks daun, sehingga fraksi terlarut bertambah dan rendemen meningkat (Liu *et al*., 2018; Socas-Rodríguez et al., 2021). Temuan ini konsisten dengan penelitian terkait ekstraksi hijau berbasis NADES yang menekankan bahwa rasio komponen pelarut dapat diatur untuk mengoptimalkan efisiensi ekstraksi melalui keseimbangan antara solvasi dan hambatan viskositas (Mišan *et al*., 2020; Aktaş & Kurek, 2024).




**Gambar 1**. Rendemen ekstrak daun tua mangrove *Avicennia marina* pada berbagai rasio NADES

**pH Ekstrak Daun Tua Mangrove *Avicennia marina***

Pengukuran pH ekstrak dilakukan untuk mengkarakterisasi tingkat keasaman ekstrak yang dipengaruhi komposisi pelarut NADES (asam sitrat:glukosa) dan komponen terlarut, sekaligus menjadi indikator kestabilan kimia serta kesesuaian ekstrak untuk tahapan lanjut (seperti skrining fitokimia, uji bioaktivitas/antimikroba). Hal ini dikarenakan pH dapat memengaruhi kelarutan, bentuk ionisasi, dan reaktivitas senyawa bioaktif. Nilai pH ekstrak pada **Gambar 2** menurun dari P1 (1.88±0.02) ke P4(1.51±0.02) dan berbeda nyata berdasarkan ANOVA ($p< 0.05$). asil ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio asam sitrat pada larutan NADES meningkatkan keasaman sistem ekstraksi. Kondisi sangat asam ini berpotensi menguntungkan untuk ekstraksi senyawa polar tertentu karena dapat meningkatkan kelarutan dan pelepasan senyawa dari matrik. Disisi lain perlu dipertimbangkan implikasinya terhadap stabilitas kimia dan kompatibilitas ekstrak untuk tahapan lanjut, karena pH memengaruhi bentuk ionisasi, reaktivitas, dan kemungkinan perubahan pada senyawa sensitif bila kontak berlangsung dalam waktu lama (Hikmawanti *et al*., 2021; Chevé-Kools *et al*., 2025). Selain itu, kondisi pH yang sangat rendah juga dapat memengaruhi stabilitas beberapa senyawa bioaktif seperti fenolik atau flavonoid tertentu selama penyimpanan maupun analisis lanjutan, sehingga pengaturan pH atau proses penyesuaian sebelum aplikasi lebih lanjut dapat menjadi pertimbangan penting dalam pengembangan ekstrak berbasis NADES. Dengan demikian, pH dapat diposisikan sebagai parameter kontrol proses yang penting saat memilih rasio NADES terbaik, bukan hanya berdasarkan rendemen semata (Aktaş & Kurek, 2024).




**Gambar 2**. pH ekstrak daun tua mangrove *Avicennia marina* pada berbagai rasio NADES

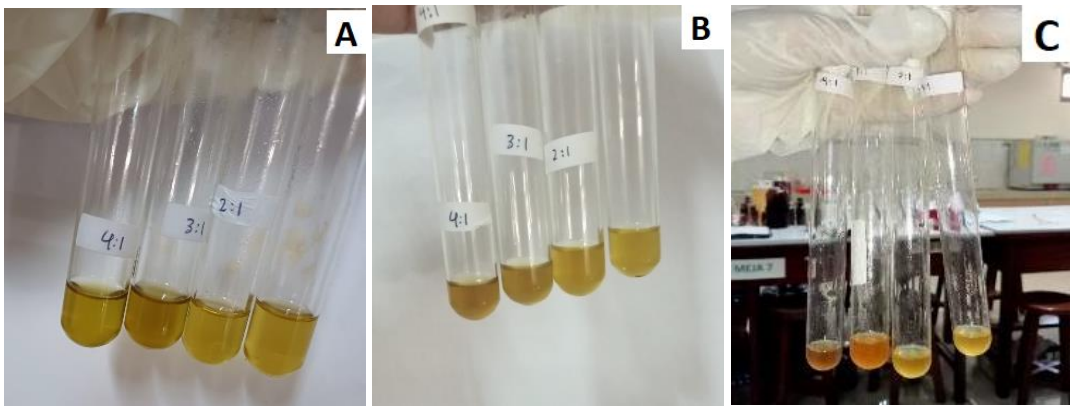
**Profil Senyawa Fitokimia Ekstrak Daun Tua Mangrove *Avicennia marina***

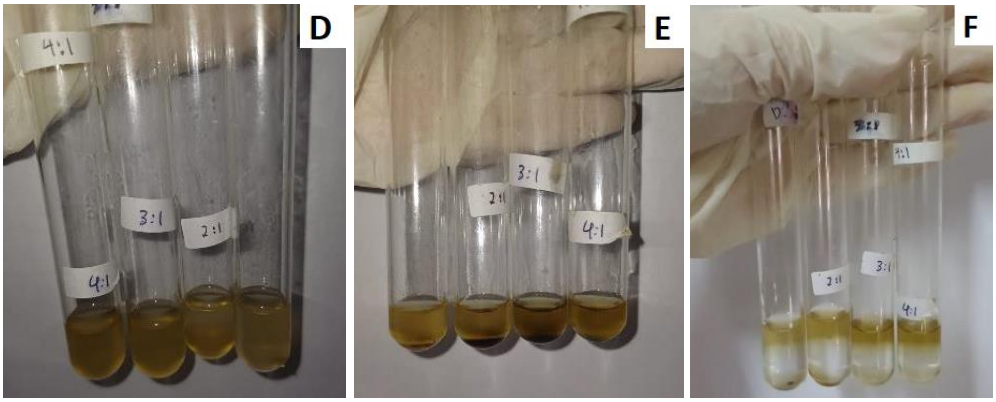
Skrining fitokimia menunjukkan seluruh ekstrak (P1–P4) terdeteksi positif mengandung flavonoid, tanin, dan alkaloid, sedangkan saponin, steroid, dan terpenoid tidak terdeteksi. Pola ini selaras dengan sifat NADES asam sitrat:glukosa yang cenderung polar dan kaya ikatan hidrogen sehingga efektif melarutkan kelompok fenolik (flavonoid/tanin) dan mendukung kelarutan alkaloid dalam lingkungan asam. Sementara senyawa yang lebih non-polar (misalnya sebagian steroid/terpenoid) berpeluang terekstrak lebih rendah atau berada di bawah ambang deteksi uji kualitatif (Liu *et al*., 2018; Socas-Rodríguez *et al*., 2021). Hasil ini juga konsisten dengan laporan terbaru bahwa daun *Avicennia marina* kaya senyawa fenolik/flavonoid dan memperlihatkan variasi komposisi bergantung lokasi dan kondisi lingkungan (Mitra *et al*., 2023; Zhou *et al*., 2025). Namun demikian, karena skrining ini bersifat kualitatif, kesimpulan mengenai komposisi ekstrak masih bersifat indikatif; diperlukan konfirmasi kuantitatif dan instrumental, misalnya TPC/TFC, HPLC/LC–MS/MS untuk memperkuat standardisasi ekstrak dan memastikan kontribusi masing-masing golongan senyawa. Hasil skrining fitokimia disajikan pada **Tabel 2** dan dokumentasi hasil uji fitokimia dapat dilihat pada **Gambar 3.**

**Tabel 2.** Profil senyawa fitokimia ekstrak daun tua mangrove *Avicennia marina*

| Senyawa | Rasio NADES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | P1 (1:1) | P2 (2:1) | P3 (3:1) | P4 (4:1) |
| Flavonoid | + | + | + | + |
| Tanin | + | + | + | + |
| Alkaloid | + | + | + | + |
| Saponin | – | – | – | – |
| Steroid | – | – | – | – |
| Terpenoid | – | – | – | – |

Keterangan:
(+) terdeteksi
(–) tidak terdeteksi






**Gambar 3.** Dokumentasi hasil uji fitokimia ekstrak daun tua mangrove *Avicennia marina* (A: Flavonoid; B: Tanin; C: Alkaloid; D: Saponin; E: Steroid; F: Terpenoid)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio mol NADES asam sitrat:glukosa berpengaruh nyata terhadap karakteristik ekstrak daun tua *Avicennia marina*, terutama rendemen dan pH; rendemen tertinggi diperoleh pada rasio 4:1 (76,9±0,47%), sedangkan pH terendah pada rasio 4:1 (1,51±0,02), dan skrining fitokimia konsisten menunjukkan flavonoid, tanin, serta alkaloid terdeteksi pada semua perlakuan. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu rasio 4:1 dapat direkomendasikan sebagai kandidat perlakuan untuk riset lanjutan, dengan penambahan parameter kuantitatif (TPC) dan konfirmasi instrumental (HPLC/LC–MS/MS) serta uji bioaktivitas, agar hubungan rasio NADES, mutu ekstrak, dan fungsi biologis dapat ditetapkan lebih kuat.

## DAFTAR PUSTAKA

Aktaş, H., & Kurek, M. A. (2024). Deep eutectic solvents for the extraction of polyphenols from food plants. *Food Chemistry, 444*, 138629. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138629

Chevé-Kools, E., Choi, Y. H., Roullier, C., Ruprich-Robert, G., Grougnet, R., Chapeland-Leclerc, F., & Hollmann, F. (2025). Natural deep eutectic solvents (NaDES): Green solvents for pharmaceutical applications and beyond. *Green Chemistry, 27*(28), 8360–8385. https://doi.org/10.1039/D4GC06386D

ElDohaji, L. M., Hamoda, A. M., Hamdy, R., & Soliman, S. S. (2020). *Avicennia marina* a natural reservoir of phytopharmaceuticals: Curative power and platform of medicines. *Journal of Ethnopharmacology, 263*, 113179. https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113179

Godlewska, K., Pacyga, P., Piel, W., & Michalak, I. (2022). Methods for rapid screening of biologically active compounds present in plant-based extracts. Molecules, 27(20), 7094. https://doi.org/10.3390/molecules27207094

Hayat, J., Akodad, M., Moumen, A., Baghour, M., Skalli, A., Ezrari, S., & Belmalha, S. (2020). Phytochemical screening, polyphenols, flavonoids and tannin content, antioxidant activities and FTIR characterization of Marrubium vulgare L. from 2 different localities of Northeast of Morocco. Heliyon, 6(11), e05609. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05609

Herrero, M. (2024). Towards green extraction of bioactive natural compounds. *Analytical and Bioanalytical Chemistry, 416*, 2039–2047. https://doi.org/10.1007/s00216-023-04969-0

Hikmawanti, N. P. E., Ramadon, D., Jantan, I., & Mun'im, A. (2021). Natural deep eutectic solvents (NADES): Phytochemical extraction performance enhancer for pharmaceutical and nutraceutical product development. *Plants, 10*(10), 2091. https://doi.org/10.3390/plants10102091

Ibrahim, H. A. H., Abdel-Latif, H. H., & Zaghloul, E. H. (2022). Phytochemical composition of *Avicennia marina* leaf extract, its antioxidant, antimicrobial potentials and inhibitory properties on *Pseudomonas fluorescens* biofilm. *Egyptian Journal of Aquatic Research, 48*(1), 53–60. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.007

Kartikaningsih, H., Djamaludin, H., Fauziyah, J. N., Audina, N., Noviyanti, L., & Saputra, D. (2024). Green extraction of *Avicennia*

*marina* leaves by natural deep eutectic solvents: Phytochemical profile, antioxidant activity, molecular docking and ADMET analysis. Rasayan Journal of Chemistry, 17, 1123–1133. https://doi.org/10.31788/RJC.2024.1738923

Liu, Y., Friesen, J. B., McAlpine, J. B., Lankin, D. C., & Pauli, G. F. (2018). Natural deep eutectic solvents: Properties, applications, and perspectives. *Journal of Natural Products, 81*(3), 679–690. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00945

Mišan, A., Nađpal, J., Stupar, A., Pojić, M., Mandić, A., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2020). The perspectives of natural deep eutectic solvents in agri-food sector. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60*(15), 2564–2592. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1650717

Mitra, S., Naskar, N., Lahiri, S., & Chaudhuri, P. (2023). A study on phytochemical profiling of *Avicennia marina* mangrove leaves collected from Indian Sundarbans. *Sustainable Chemistry for the Environment, 4*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100041

Rozirwan, Nugroho, R. Y., Hendri, M., Fauziyah, Putri, W. A. E., & Agussalim, A. (2022). Phytochemical profile and toxicity of extracts from the leaf of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. collected in mangrove areas affected by port activities. *South African Journal of Botany, 150*, 903–919. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.08.037

Socas-Rodríguez, B., Torres-Cornejo, M. V., Álvarez-Rivera, G., & Mendiola, J. A. (2021). Deep eutectic solvents for the extraction of bioactive compounds from natural sources and agricultural by-products. *Applied Sciences, 11*(11), 4897. https://doi.org/10.3390/app11114897

Vo, T. P., Ho, T. A. T., Truong, K. V., Ha, N. M. H., & Nguyen, D. Q. (2024). Combining novel extraction techniques with natural deep eutectic solvent to acquire phenolic and terpenoid compounds from *Paris polyphylla* roots. *Journal of Agriculture and Food Research, 18*, 101544. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101544

Zhou, P., Hu, H., Wu, X., Feng, Z., Li, X., Tavakoli, S., Wu, K., Deng, L., & Luo, H. (2025). Botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacological activities, and toxicity of the mangrove plant *Avicennia marina*: A comprehensive review. *Phytochemistry Reviews*, 1–36. https://doi.org/10.1007/s11101-025-10080-2