

Pengaruh Rasio Bahan-Pelarut terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pinang Metode *Microwave Digester*

Effect of Material-Solvent Ratio on Antioxidant Activity of Microwave-Digester Areca Nut Husk

Rizqika Hendriyadhini^{1*}, Hadistya Suryadri², Ira Galih Prabasari³

^{1,2,3} Teknik Kimia, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

* Penulis Korespondensi: E-mail: hadistya.suryadri@unja.ac.id

ABSTRAK

Kulit pinang (*Areca catechu* L.) merupakan limbah pertanian yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber antioksidan alami. Penelitian ini bertujuan menganalisis jenis senyawa dan aktivitas antioksidan ekstrak kulit pinang, serta mengkaji pengaruh variasi rasio bahan dan pelarut (1:5, 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:25 b/v) pada proses ekstraksi menggunakan *microwave digester* berpelarut etanol 70%. Ekstrak dianalisis melalui uji skrining fitokimia, spektrofotometri UV-Vis metode DPPH, dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Hasil uji fitokimia menunjukkan seluruh rasio positif mengandung flavonoid, alkaloid, fenolik, terpenoid, dan steroid. Aktivitas antioksidan pada seluruh rasio tergolong sangat kuat ($IC_{50} < 50$ ppm), dengan nilai IC_{50} menurun seiring meningkatnya rasio pelarut, dari 2,393 ppm pada rasio 1:5 hingga 0,090 ppm pada rasio 1:25. Analisis FTIR pada ekstrak rasio 1:25 mengidentifikasi gugus fungsi O–H, C=C aromatik/C=O, C–H, dan C–O yang berperan dalam mekanisme donasi elektron antioksidan. Hasil ini menunjukkan bahwa *microwave digester* mampu mengekstraksi senyawa antioksidan kulit pinang secara lebih efisien dibandingkan metode konvensional.

Kata kunci: Aktivitas Antioksidan, DPPH, FTIR, Kulit Pinang, *Microwave Digester*

ABSTRACT

Areca nut husk (Areca catechu L.) is an abundant agricultural by-product that has not been optimally utilized as a natural antioxidant source. This study aimed to analyze the bioactive compounds and antioxidant activity of areca nut husk extract and to examine the effect of the material to solvent ratio (1:5, 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:25 b/v) during microwave digester extraction using 70% ethanol. The extracts were analyzed through phytochemical screening, UV-Vis spectrophotometry with the DPPH method, and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Phytochemical screening showed positive results for flavonoids, alkaloids, phenolics, terpenoids, and steroids at all ratios. Antioxidant activity at all ratios was classified as very strong ($IC_{50} < 50$ ppm), with IC_{50} values decreasing as the solvent ratio increased, from 2,393 ppm at 1:5 to 0,090 ppm at 1:25. FTIR analysis of the 1:25 ratio extract identified O–H, aromatic C=C/C=O, C–H, and C–O functional groups associated with the electron-donation mechanism of antioxidants. These findings indicate that microwave digester extraction is more efficient than conventional methods in extracting antioxidant compounds from areca nut husk.

Keywords: Antioxidant Activity, Areca Nut Husk, DPPH, FTIR, Microwave Digester

PENDAHULUAN

Kulit pinang (*Areca catechu* L.) merupakan salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi tinggi sebagai sumber antioksidan alami. Berdasarkan data statistik Provinsi Jambi pada tahun 2021,

produksi komoditas pinang mencapai sekitar 28.480 ton/tahun dengan luas tanaman sekitar 22.387 hektar, sehingga pinang menjadi komoditas perkebunan strategis terutama di wilayah pesisir seperti Kabupaten Tanjung Jabung Timur dan Barat. Pemanfaatan pinang selama ini lebih terfokus pada bijinya, sementara kulit pinang yang mencapai 60–80% berat buah masih belum dimanfaatkan secara optimal, padahal ketersediaannya yang melimpah menjadikannya bahan baku lokal yang potensial untuk dikaji lebih lanjut (BPS Provinsi Jambi, 2021).

Kulit pinang mengandung lebih dari 59 senyawa bioaktif, termasuk alkaloid (arekolin), flavonoid (quercetin, luteolin), tanin (katekin, epikatekin), terpenoid, steroid, dan asam lemak (Tong et al., 2024). Senyawa flavonoid seperti quercetin dan katekin diketahui paling berperan dalam meningkatkan aktivitas antioksidan kulit pinang melalui mekanisme donasi elektron dan penangkapan radikal bebas (Cahyani et al., 2020), menjadikan kulit pinang sebagai sumber antioksidan alami bernilai tambah. Karakterisasi antioksidan dilakukan melalui uji fitokimia untuk identifikasi kualitatif golongan senyawa metabolit sekunder (Hidayah et al., 2019), spektrofotometri UV-Vis metode DPPH untuk pengukuran aktivitas antioksidan secara kuantitatif berdasarkan nilai IC_{50} (Kedare & Singh, 2011), serta *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk identifikasi gugus fungsi utama seperti O–H, C=O, C=C aromatik, dan C–O (Rohaeti et al., 2021).

Keberhasilan karakterisasi antioksidan sangat dipengaruhi oleh metode ekstraksi yang digunakan. Metode konvensional seperti maserasi dan sokhletasi memiliki kelemahan berupa waktu ekstraksi yang lama, penggunaan pelarut dalam jumlah besar, dan risiko kerusakan senyawa aktif akibat pemanasan berkepanjangan. Sebagai alternatif, *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) mampu mengekstraksi senyawa bioaktif dalam waktu lebih singkat dengan pelarut lebih sedikit dan rendemen lebih tinggi, karena gelombang mikro memanaskan bagian dalam bahan melalui rotasi dipol dan konduksi ionik sehingga dinding sel pecah lebih cepat (Prasad et al., 2011). Penelitian pada daun pisang kepok menunjukkan bahwa kondisi MAE optimal pada 300 W selama 15 menit dengan etanol 60% menghasilkan flavonoid hingga 11,38%, jauh lebih tinggi dibandingkan maserasi (Zahara et al., 2023), sehingga penggunaan *microwave digester* pada penelitian ini relevan untuk memperoleh ekstrak kulit pinang dengan kandungan antioksidan maksimal.

Keunggulan MAE juga telah dibuktikan pada ekstraksi oleoresin lada putih, di mana penggunaan *microwave* mampu mempersingkat waktu ekstraksi dari 420 menit menjadi hanya 30 menit dengan rendemen optimal dan kualitas kimia yang lebih baik dibandingkan metode konvensional (Damanik et al., 2022), yang menegaskan bahwa gelombang mikro tidak hanya mempercepat difusi pelarut tetapi juga membantu pelepasan senyawa aktif secara lebih efisien.

Selain metode ekstraksi, rasio bahan dan pelarut merupakan parameter penting karena memengaruhi efisiensi perpindahan senyawa aktif dari bahan ke pelarut. Penelitian pada ekstrak daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) menunjukkan bahwa peningkatan rasio bahan dan pelarut secara signifikan meningkatkan rendemen, kadar flavonoid, dan aktivitas penangkap radikal bebas, dengan rasio 1:20 (b/v) menghasilkan nilai tertinggi (Ramayani et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi rasio 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:25 (b/v) untuk mengevaluasi secara komprehensif pengaruh rasio bahan dan pelarut pada kulit pinang. Pemilihan etanol 70% sebagai pelarut didasarkan pada sifat polaritasnya yang sesuai untuk melarutkan senyawa bioaktif target seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, dan tanin yang bersifat polar hingga semi-polar, karena komponen air pada campuran etanol-air membantu memecah ikatan hidrogen antara senyawa fenolik dengan matriks sel tanaman (Rohaeti et al., 2021). Dibandingkan etanol absolut (100%), etanol 70% dipilih karena kandungan airnya membantu pembengkakan (*swelling*) dinding sel dan memecah ikatan hidrogen intraseluler, sehingga pelarut lebih mudah menembus matriks bahan dan melarutkan senyawa polar-semipolar seperti flavonoid dan fenolik. Etanol absolut yang bersifat lebih nonpolar dan tanpa air kurang efektif membasahi matriks sel tanaman, sehingga rendemen senyawa bioaktif polar yang terekstraksi cenderung lebih rendah.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis jenis, gugus fungsi, dan aktivitas antioksidan kulit pinang menggunakan tiga metode yaitu fitokimia, spektrofotometri UV-Vis, dan FTIR setelah melalui proses ekstraksi menggunakan *microwave digester*, sehingga diharapkan memberikan pemahaman menyeluruh mengenai kandungan antioksidan kulit pinang serta keunggulan *microwave digester* dibanding metode konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Bahan baku berupa kulit pinang (*Areca catechu* L.) diperoleh dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pre-treatment bahan baku, ekstraksi menggunakan *microwave digester* dengan variasi rasio bahan dan pelarut, penyaringan dan pemekatan ekstrak, serta karakterisasi ekstrak melalui uji skrining fitokimia, spektrofotometri UV-Vis metode DPPH, dan analisis FTIR.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *microwave digester*, *drying oven*, *rotary evaporator*, blender, ayakan 20 mesh, neraca digital, tabung reaksi dan rak tabung reaksi, pipet tetes, mikropipet, spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), gelas ukur, *beaker glass*, erlenmeyer, kertas saring, corong pisah, pisau, kaca arloji, batang pengaduk, spatula laboratorium, botol sampel, dan stiker label. Bahan yang digunakan meliputi kulit pinang, etanol 70%, reagen *Dragendorff*, serbuk Mg, HCl pekat, FeCl_3 5%, reagen *Liebermann-Burchard* (asam asetat anhidrat dan H_2SO_4 pekat), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), dan aquadest.

Pre-Treatment Kulit Pinang

Kulit pinang dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, debu, dan residu yang menempel pada permukaan. Kulit pinang kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga kadar air berkurang sehingga lebih mudah diproses lebih lanjut. Tahap berikutnya adalah penggilingan menggunakan blender hingga diperoleh serbuk halus, yang selanjutnya diayak menggunakan ayakan 20 mesh untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran partikel yang seragam. Pengecilan ukuran partikel bertujuan memperbesar luas permukaan kontak antara bahan dan pelarut sehingga perpindahan senyawa bioaktif menjadi lebih efisien (Chaves et al., 2020).

Proses Ekstraksi dengan *Microwave Digester*

Sebanyak 25 gram serbuk kulit pinang untuk masing-masing perlakuan diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70% dalam *microwave digester* dengan variasi rasio bahan dan pelarut 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:25 (b/v). Proses dilakukan pada kondisi tetap, yaitu daya 300 Watt, suhu 70°C, tekanan 1 atm, dan waktu ekstraksi 20 menit. Pemanasan dengan gelombang mikro mengonversi energi menjadi panas melalui mekanisme rotasi dipol dan konduksi ionik sehingga tekanan internal sel bahan meningkat secara cepat, dinding sel lebih mudah pecah, dan senyawa bioaktif berpindah lebih cepat ke dalam pelarut (Chaves et al., 2020).

Penyaringan dan Pemekatan Ekstrak

Setelah proses ekstraksi selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu padat dari filtrat cair. Filtrat selanjutnya diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C untuk menghilangkan pelarut etanol. Ekstrak kental yang diperoleh dari seluruh variasi rasio kemudian digunakan untuk uji skrining fitokimia dan uji aktivitas antioksidan, sedangkan untuk analisis FTIR dipilih ekstrak dari rasio yang menghasilkan nilai IC₅₀ terkecil karena merepresentasikan kondisi ekstraksi dengan aktivitas antioksidan paling optimal (Rohaeti et al., 2021).

Analisis Fitokimia

Analisis fitokimia kualitatif dilakukan terhadap lima golongan senyawa metabolit sekunder menggunakan pereaksi kimia spesifik. Uji flavonoid dilakukan dengan menambahkan 0,1 gram serbuk magnesium (Mg) dan 5 tetes HCl pekat ke dalam ekstrak kental (2 mL), perubahan warna menjadi jingga, merah muda, hingga merah menunjukkan reaksi positif akibat pembentukan kompleks antara ion Mg²⁺ dan gugus hidroksil aromatik pada struktur flavonoid (Hidayah et al., 2019). Uji alkaloid dilakukan dengan menambahkan 3 tetes larutan HCl 2 M ke dalam sampel ekstrak, kemudian ditambahkan 3 tetes pereaksi *Dragendorff*, terbentuknya endapan atau warna jingga menunjukkan hasil positif karena ion logam membentuk kompleks dengan nitrogen pada struktur alkaloid (Mailuhu et al., 2017). Uji fenolik dilakukan dengan menambahkan 3 tetes FeCl₃ 5% ke dalam sampel ekstrak (2 mL), terbentuknya warna hijau

kehitaman menunjukkan hasil positif akibat pembentukan kompleks antara ion Fe^{3+} dan gugus hidroksil aromatic (Hidayah et al., 2019). Uji terpenoid dilakukan dengan mereaksikan ekstrak (2 mL) dengan 3 tetes pereaksi *Liebermann-Burchard* (campuran anhidrida asetat dan H_2SO_4 pekat), perubahan warna menjadi coklat kehitaman menunjukkan reaksi positif akibat pembentukan kompleks antara gugus olefinik pada struktur triterpenoid dengan pereaksi asam kuat (Hidayah et al., 2019). Uji steroid dilakukan dengan menambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat secara perlahan ke dalam ekstrak, terbentuknya cincin berwarna merah pada lapisan antarmuka larutan menunjukkan hasil positif adanya senyawa steroid (Mulyani et al., 2023).

Analisis Spektrofotometri UV-Vis Metode DPPH

Aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*) dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Sampel uji dibuat dengan melarutkan 10 mg ekstrak kental dalam 10 mL etanol hingga diperoleh larutan induk 1000 ppm, kemudian diencerkan menjadi tiga konsentrasi uji yaitu 30, 50, dan 70 ppm. Setiap konsentrasi direaksikan dengan larutan DPPH, diinkubasi selama 30 menit dalam kondisi gelap, kemudian diukur absorbansinya. Persentase inhibisi dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\%Inhibisi = \frac{A_{kontrol} - A_{sampel}}{A_{kontrol}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai IC_{50} ditentukan dari persamaan regresi linier hubungan antara $\ln$ konsentrasi dan persentase inhibisi. Kategori intensitas aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC_{50} ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Aktivitas Antioksidan Berdasarkan Nilai IC_{50}

Intensitas	Nilai IC_{50}
Sangat Kuat	<50 ppm
Kuat	50-100 ppm
Sedang	101-250 ppm
Lemah	250-500 ppm
Tidak aktif	>500 ppm

Sumber: Pratiwi & Handayani (2024)

Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi utama senyawa bioaktif yang berperan dalam aktivitas antioksidan, pada rentang bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Analisis ini dilakukan pada ekstrak kulit pinang dari rasio dengan nilai IC_{50} terkecil berdasarkan hasil uji spektrofotometri UV-Vis, karena rasio tersebut merepresentasikan kondisi ekstraksi dengan aktivitas antioksidan paling optimal.

Gugus O–H pada alkohol dan fenol menunjukkan serapan pada rentang $3700\text{--}3584\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus hidroksil bebas, sedangkan adanya ikatan hidrogen intermolekular menyebabkan pergeseran serapan ke frekuensi lebih rendah pada $3550\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas yang lebih lebar. Serapan pada rentang $3100\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi C–H aromatik. Serapan pada rentang $1850\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ merupakan karakteristik vibrasi ulur C=O. Keton alifatik umumnya menyerap pada sekitar 1715 cm^{-1} , sedangkan konjugasi dengan sistem tak jenuh atau cincin aromatik dapat menurunkan frekuensi serapan hingga $\sim 1680\text{ cm}^{-1}$. Vibrasi rangka cincin aromatik (C=C) muncul sebagai dua pita karakteristik pada $1600\text{--}1585\text{ cm}^{-1}$ dan $1500\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$. Rentang $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah vibrasi ulur C–O yang khas untuk alkohol dan fenol, sering disebut sebagai daerah sidik jari (*fingerprint region*) karena pola serapannya bersifat unik untuk setiap molekul. Selain itu, vibrasi tekuk C–H aromatik di luar bidang (*out-of-plane*) muncul pada $900\text{--}675\text{ cm}^{-1}$ dan dapat dikorelasikan dengan pola substitusi cincin aromatic (Silverstein et al., 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Serbuk kulit pinang yang dihasilkan berwarna coklat muda, berkaitan dengan kandungan senyawa tanin dan fenolik yang memberikan pigmentasi coklat pada bahan tanaman. Bau sepat (astringen) merupakan karakteristik khas kulit pinang akibat senyawa volatil dan alkaloid yang terkandung di dalamnya, sedangkan tekstur halus menunjukkan bahwa proses penggilingan dan pengayakan telah berhasil menghasilkan serbuk yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam ekstraksi menggunakan *microwave digester*. Keseragaman karakteristik fisik serbuk penting untuk memastikan bahwa setiap

perlakuan variasi rasio menggunakan bahan awal yang setara kualitasnya, sehingga perbedaan hasil antar variasi rasio dapat dipastikan berasal dari pengaruh rasio bahan dan pelarut, bukan dari perbedaan kualitas bahan baku.

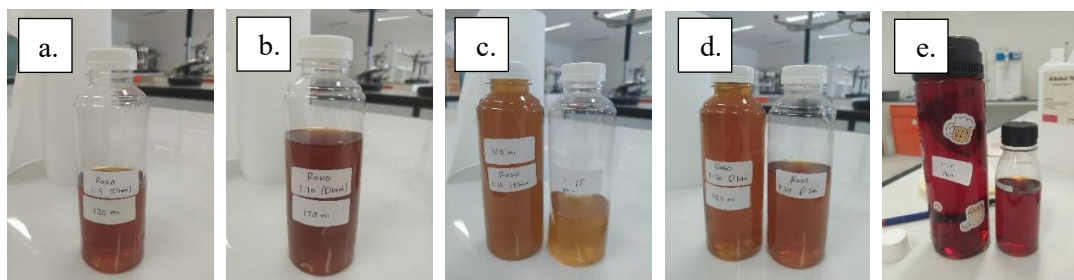
Hasil Ekstraksi Menggunakan *Microwave Digester*

Ekstraksi kulit pinang dilakukan pada kondisi tetap daya 300 Watt, suhu 70°C, tekanan 1 atm, dan waktu ekstraksi 20 menit. Sebanyak 25 gram serbuk kulit pinang untuk masing-masing perlakuan diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70% dengan variasi rasio bahan dan pelarut. Volume filtrat hasil ekstraksi pada setiap variasi rasio ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Volume Filtrat Hasil Ekstraksi Kulit Pinang pada Berbagai Variasi Rasio Bahan dan Pelarut

Rasio Bahan: Pelarut (b/v)	Volume Filtrat (mL)
1:5	120
1:10	178
1:15	328
1:20	395
1:25	483

Volume filtrat yang diperoleh meningkat seiring meningkatnya volume pelarut, filtrat yang diperoleh menampilkan warna coklat hingga coklat kemerahan, dengan filtrat pada rasio 1:5 hingga 1:20 berwarna coklat tua hingga coklat muda, sedangkan filtrat pada rasio 1:25 berwarna coklat kemerahan akibat senyawa aktif yang terlarut semakin terdistribusi pada volume pelarut yang lebih banyak sehingga konsentrasinya per mililiter semakin rendah, hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

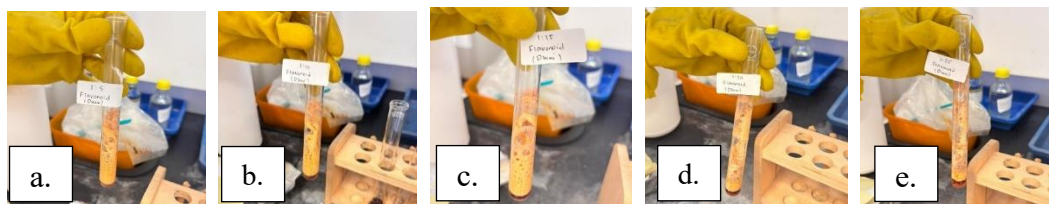


Gambar 1. Warna Filtrat Hasil Ekstraksi Kulit Pinang (*Areca catechu* L.) pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25

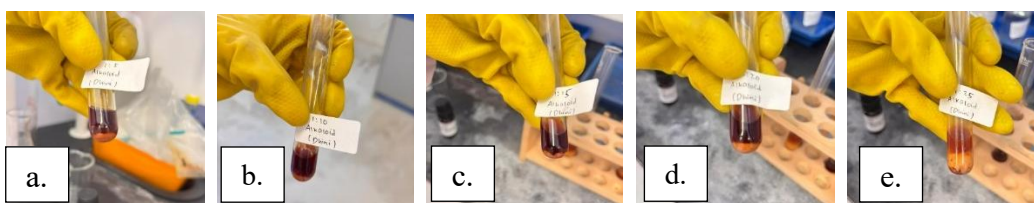
Filtrat selanjutnya dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental berwarna coklat tua hingga kehitaman dengan tekstur kental. Ekstrak kental dari seluruh variasi rasio digunakan untuk uji skrining fitokimia dan uji aktivitas antioksidan, sedangkan untuk analisis FTIR dipilih hanya pada rasio dengan nilai IC_{50} terkecil, karena rasio tersebut merepresentasikan kondisi ekstraksi optimal yang menghasilkan aktivitas antioksidan paling kuat (Rohaeti et al., 2021).

Hasil Uji Skrining Fitokimia

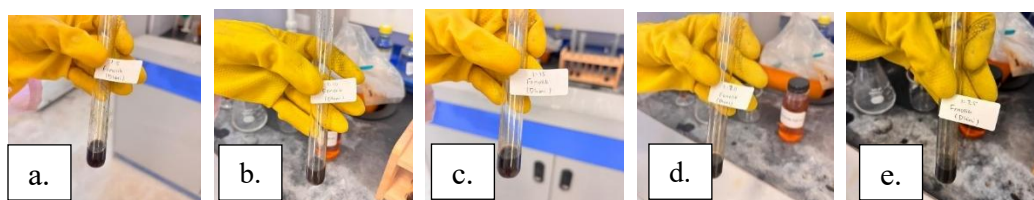
Uji fitokimia dilakukan secara kualitatif terhadap ekstrak kental kulit pinang pada lima golongan senyawa, yaitu flavonoid, alkaloid, fenolik, terpenoid, dan steroid. Uji flavonoid menunjukkan warna jingga kemerahan dan positif pada seluruh variasi rasio, sejalan dengan flavonoid sebagai golongan polifenol terbesar dalam kulit pinang yang berperan mencegah kerusakan jaringan oleh radikal bebas melalui donasi atom hidrogen. Uji alkaloid menggunakan larutan HCl 2 M dan pereaksi *Dragendorff* menghasilkan warna merah dengan endapan jingga pada setiap rasio, di mana alkaloid dalam kulit pinang terutama arekolin diketahui berkontribusi pada aktivitas antioksidan melalui mekanisme penangkapan spesies oksigen reaktif. Uji fenolik menggunakan $FeCl_3$ 5% menghasilkan warna hijau kehitaman pada semua rasio akibat pembentukan kompleks antara ion Fe^{3+} dan gugus hidroksil aromatik senyawa fenolik. Uji terpenoid menggunakan pereaksi *Liebermann-Burchard* menunjukkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman pada semua rasio, sedangkan uji steroid menunjukkan terbentuknya cincin berwarna merah pada lapisan antarmuka larutan pada seluruh rasio. Hasil uji skrining fitokimia ditunjukkan pada Gambar dan Tabel 3 berikut.



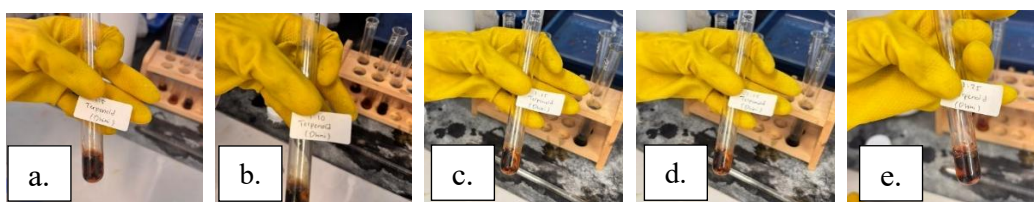
Gambar 2. Hasil Uji Flavonoid pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25



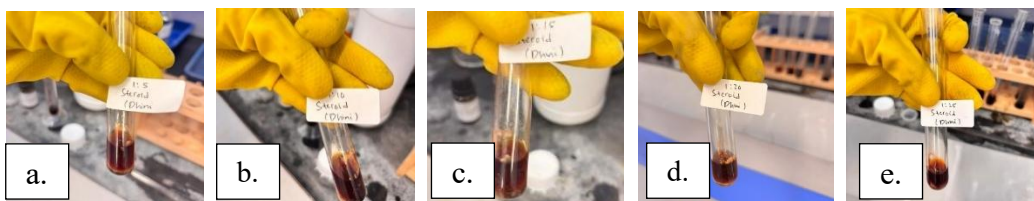
Gambar 3. Hasil Alkaloid pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25



Gambar 4. Hasil Fenolik pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25



Gambar 5. Hasil Terpenoid pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25



Gambar 6. Hasil Steroid pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25

Tabel 3. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Kulit Pinang pada Berbagai Rasio Bahan dan Pelarut

Senyawa	Pereaksi	1:5	1:10	1:15	1:20	1:25
Flavonoid	Mg + HCl pekat	+	+	+	+	+
Alkaloid	HCL 2 M + <i>Dragendorff</i>	+	+	+	+	+
Fenolik	FeCl ₃ 5%	+	+	+	+	+
Terpenoid	<i>Lizebermann-Burchard</i>	+	+	+	+	+
Steroid	H ₂ SO ₄ pekat	+	+	+	+	+

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak kulit pinang mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, fenolik, terpenoid, dan steroid pada seluruh variasi rasio. Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kulit pinang muda dan tua positif mengandung flavonoid, alkaloid, fenolik, dan triterpenoid menggunakan metode maserasi methanol

(Hidayah et al., 2019), serta kulit pinang diketahui mengandung lebih dari 59 senyawa bioaktif termasuk alkaloid (arekolin), flavonoid (quercetin, luteolin), tanin (katekin, epikatekin), terpenoid, dan steroid (Tong et al., 2024). Hasil metabolit sekunder yang sama telah diidentifikasi pada kulit pinang dari Kabupaten Tanjung Jabung Barat menggunakan pelarut yang berbeda [8]. Seluruh variasi rasio memberikan hasil yang sama pada uji skrining fitokimia, yang menunjukkan bahwa perbedaan rasio bahan dan pelarut tidak memengaruhi jenis senyawa yang terekstraksi secara kualitatif, namun konsistensi hasil positif ini menegaskan bahwa kulit pinang dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur memiliki profil fitokimia yang kaya dan dapat diandalkan sebagai sumber antioksidan.

Hasil Uji Spektrofotometri UV-Vis Metode DPPH

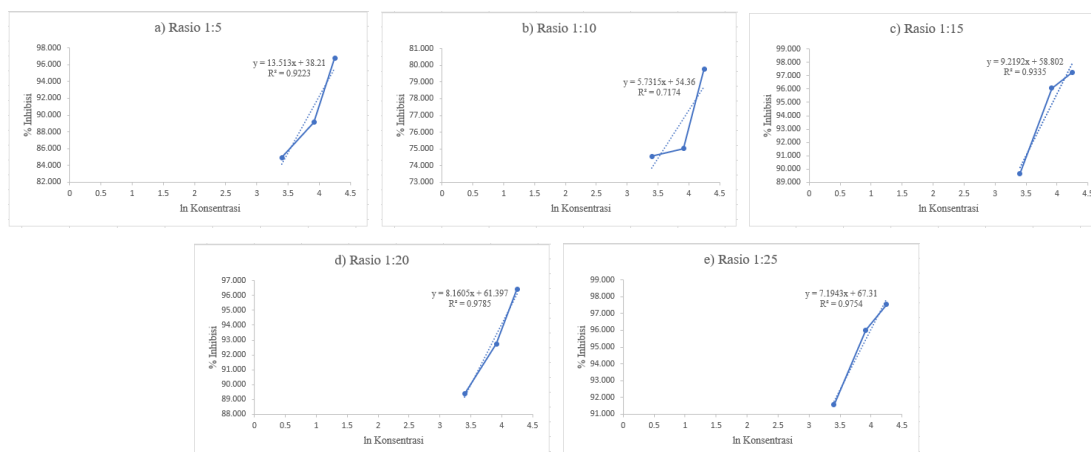
Uji aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm, yang sesuai dengan rentang serapan maksimum DPPH yang umumnya berada pada 515–520 nm [14]. Larutan DPPH sebagai kontrol menunjukkan absorbansi rata-rata 1,706, sedangkan larutan kontrol etanol (blanko) menunjukkan nilai absorbansi 0. Sampel uji diukur pada tiga konsentrasi yaitu 30, 50, dan 70 ppm untuk setiap variasi rasio. Hasil pengukuran absorbansi dan persentase inhibisi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Inhibisi Ekstrak Kulit Pinang pada Berbagai Konsentrasi dan Variasi Rasio Bahan dan Pelarut

Rasio (b/v)	Konsentrasi (ppm)	In Konsentrasi	Absorbansi Rata-rata	% Inhibisi
1:5	30	3,401	0,257	84,931
	50	3,912	0,185	89,153
	70	4,248	0,055	96,775
1:10	30	3,401	0,434	74,553
	50	3,912	0,426	75,022
	70	4,248	0,345	79,771
1:15	30	3,401	0,176	89,680
	50	3,912	0,067	96,072
	70	4,248	0,047	97,244
1:20	30	3,401	0,181	89,387

1:25	50	3,912	0,124	92,729
	70	4,248	0,061	96,423
	30	3,401	0,144	91,557
	50	3,912	0,068	96,013
	70	4,248	0,042	97,537

Persentase inhibisi pada semua variasi rasio menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak, sesuai dengan prinsip hubungan dosis-respon dalam uji antioksidan, di mana semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin banyak senyawa antioksidan yang tersedia untuk bereaksi dengan radikal DPPH. Kurva hubungan antara $\ln$ konsentrasi dan persentase inhibisi untuk setiap variasi rasio dapat dilihat pada Gambar 7. Kurva ini digunakan sebagai dasar perhitungan nilai IC_{50} melalui persamaan regresi linier.



Gambar 7. Kurva Hubungan $\ln$ Konsentrasi Ekstrak dan Persentase Inhibisi DPPH Kulit Pinang (*Areca catechu* L.) pada Rasio a) 1:5, b) 1:10, c) 1:15, d) 1:20, e) 1:25

Berdasarkan Gambar 7, seluruh kurva menunjukkan pola linear yang positif antara $\ln$ konsentrasi dan persentase inhibisi, di mana peningkatan konsentrasi ekstrak secara konsisten diikuti oleh peningkatan kemampuan penghambatan radikal bebas DPPH. Hasil persamaan regresi dan nilai IC_{50} dari seluruh variasi rasio disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Persamaan Regresi Linier, Nilai IC₅₀, dan Intensitas Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pinang

Rasio (b/v)	Persamaan Regresi	R ²	ln IC ₅₀	IC ₅₀ (ppm)	Intensitas
1:5	$y = 13,513x + 38,210$	0,9223	0,872	2,393	Sangat Kuat
1:10	$y = 5,7315x + 54,360$	0,7174	-0,761	0,467	Sangat Kuat
1:15	$y = 9,2192x + 58,802$	0,9335	-0,955	0,385	Sangat Kuat
1:20	$y = 8,1605x + 61,397$	0,9785	-1,397	0,247	Sangat Kuat
1:25	$y = 7,1943x + 67,310$	0,9754	-2,406	0,090	Sangat Kuat

Berdasarkan Tabel 5, seluruh variasi rasio bahan dan pelarut menghasilkan ekstrak kulit pinang dengan intensitas aktivitas antioksidan sangat kuat, dengan nilai IC₅₀ berkisar antara 0,090 hingga 2,393 ppm. Nilai IC₅₀ terkecil diperoleh pada rasio 1:25 sebesar 0,090 ppm, sedangkan nilai IC₅₀ terbesar diperoleh pada rasio 1:5 sebesar 2,393 ppm. Nilai IC₅₀ yang sangat kecil pada seluruh rasio menunjukkan bahwa metode *microwave digester* mampu mengekstraksi senyawa antioksidan dari kulit pinang secara sangat efisien dibandingkan metode konvensional. Sebagai perbandingan, metode maserasi metanol menghasilkan IC₅₀ sebesar 56,6 ppm untuk kulit pinang muda dan 73,4 ppm untuk kulit pinang tua (Hidayah et al., 2019), sementara ekstraksi etanol 50% menghasilkan IC₅₀ sebesar 86,31 ppm untuk biji pinang (Humaryanto et al., 2023), dan metode maserasi pada sabut buah pinang menghasilkan IC₅₀ sebesar 69,979 µg/mL (Pratiwi & Handayani, 2024). Nilai IC₅₀ yang jauh lebih kecil pada penelitian ini mengonfirmasi keunggulan metode *microwave digester* dalam mengekstraksi senyawa bioaktif secara lebih efisien, karena energi gelombang mikro mampu mempercepat difusi pelarut ke dalam jaringan tanaman sehingga senyawa antioksidan terekstraksi lebih optimal dalam waktu yang lebih singkat.

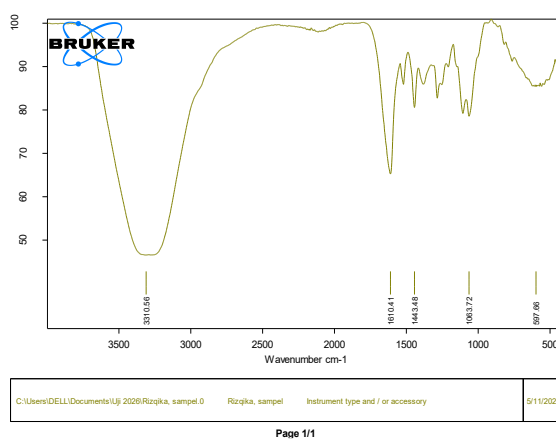
Variasi rasio bahan dan pelarut memberikan pengaruh nyata terhadap nilai IC₅₀ ekstrak kulit pinang, dengan tren penurunan nilai IC₅₀ seiring meningkatnya rasio bahan dan pelarut dari 1:5 hingga 1:25, yang berarti aktivitas antioksidan semakin meningkat dengan bertambahnya volume pelarut. Mekanisme yang mendasari tren ini adalah prinsip perpindahan massa, yaitu semakin besar volume pelarut relatif terhadap bahan, semakin besar gradien konsentrasi antara senyawa di dalam sel bahan dan di dalam pelarut, sehingga mendorong perpindahan senyawa bioaktif keluar dari matriks bahan secara lebih efisien. Pada rasio 1:25, jumlah senyawa antioksidan seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, dan

terpenoid yang berhasil terekstraksi ke dalam pelarut lebih banyak dibandingkan rasio yang lebih kecil, yang tercermin dari nilai IC_{50} terkecil sebesar 0,090 ppm. Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa peningkatan rasio bahan dan pelarut secara signifikan meningkatkan kadar flavonoid dan aktivitas penangkap radikal bebas pada ekstrak daun mengkudu, dengan rasio 1:20 menghasilkan nilai tertinggi (Penelitian et al., 2022). Keterkaitan antara hasil uji fitokimia dan aktivitas antioksidan terlihat jelas dimana seluruh rasio menunjukkan positif mengandung flavonoid, fenolik, alkaloid, terpenoid, dan steroid secara kualitatif, namun perbedaan kuantitas senyawa terekstraksi pada setiap rasio tercermin secara kuantitatif melalui nilai IC_{50} yang berbeda-beda.

Meskipun demikian, seluruh variasi rasio menghasilkan kategori aktivitas antioksidan yang sama yaitu sangat kuat ($IC_{50} < 50$ ppm), menunjukkan bahwa kulit pinang dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur memiliki potensi sangat besar sebagai sumber antioksidan alami, konsisten dengan hasil uji skrining fitokimia yang menunjukkan bahwa ekstrak kulit pinang mengandung flavonoid, fenolik, alkaloid, terpenoid, dan steroid, yaitu senyawa-senyawa yang dikenal memiliki kemampuan tinggi dalam menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi hidrogen dan elektron. Temuan ini sangat relevan mengingat kulit pinang merupakan limbah pertanian yang melimpah di Provinsi Jambi dengan produksi mencapai sekitar 28.480 ton/tahun namun belum dimanfaatkan secara optimal (BPS Provinsi Jambi, 2021). Aktivitas antioksidan yang sangat kuat pada seluruh variasi rasio ekstraksi membuka peluang pemanfaatan kulit pinang sebagai bahan aktif antioksidan alami dalam industri farmasi (sediaan antioksidan oral), kosmetik (produk anti-penuaan dan perawatan kulit), maupun pangan fungsional. Penggunaan metode *microwave digester* dengan rasio 1:25 dapat direkomendasikan sebagai kondisi ekstraksi yang paling efisien untuk menghasilkan ekstrak dengan aktivitas antioksidan optimal, sekaligus mendukung prinsip ekstraksi ramah lingkungan melalui pengurangan waktu dan konsumsi pelarut dibandingkan metode konvensional.

Hasil Analisis FTIR Ekstrak Kulit Pinang

Analisis FTIR dilakukan pada ekstrak kulit pinang dari rasio 1:25 yang merupakan rasio dengan nilai IC_{50} terkecil, sehingga merepresentasikan kondisi ekstraksi yang menghasilkan aktivitas antioksidan paling optimal. Spektrum FTIR ekstrak kulit pinang rasio 1:25 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Spektrum FTIR Ekstrak Kulit Pinang (*Areca catechu* L.) pada Rasio 1:25

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 8, teridentifikasi beberapa puncak serapan signifikan pada berbagai bilangan gelombang. Puncak serapan paling dominan teridentifikasi pada bilangan gelombang $3309,6\text{ cm}^{-1}$ dengan transmitansi 46,55%, yang merupakan puncak serapan terkuat dalam spektrum dan merupakan karakteristik khas vibrasi regangan gugus hidroksil (O–H). Keberadaan gugus O–H pada bilangan gelombang tersebut mengindikasikan adanya senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin dalam ekstrak kulit pinang. Gugus O–H merupakan gugus fungsi paling penting dalam mekanisme aktivitas antioksidan karena berperan langsung dalam donasi atom hidrogen kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas DPPH menjadi stabil dan tidak reaktif (Rohaeti et al., 2021).

Puncak serapan pada bilangan gelombang $1609,7\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 65,26%) mengindikasikan keberadaan gugus C=C aromatik dan gugus karbonil (C=O), yang merupakan rentang khas untuk vibrasi regangan C=C pada cincin aromatik flavonoid dan fenolik. Puncak tambahan pada $1519,3\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 85,90%) semakin memperkuat keberadaan gugus C=C aromatik dalam struktur flavonoid dan tanin, yang secara langsung mengonfirmasi bahwa ekstrak kulit pinang mengandung senyawa aromatik dengan cincin benzena tersubstitusi sebagai kerangka dasar senyawa flavonoid [16]. Puncak

serapan pada bilangan gelombang $1443,4\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 80,58%) dan $1381,8\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 85,95%) menunjukkan vibrasi tekukan gugus C–H dari struktur alifatik yang umumnya berasal dari gugus metil dan metilen pada senyawa terpenoid dan steroid, konsisten dengan hasil uji skrining fitokimia yang positif terhadap kedua golongan senyawa tersebut. Puncak pada $597,7\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 85,38%) menunjukkan vibrasi tekukan C–H pada cincin aromatik yang semakin memperkuat keberadaan senyawa aromatik dalam ekstrak.

Puncak serapan pada bilangan gelombang $1285,3\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 82,72%) mengindikasikan vibrasi regangan gugus C–O–C yang merupakan karakteristik ikatan ester pada senyawa flavonoid glikosida, sedangkan puncak pada $1063,5\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 78,56%) menunjukkan vibrasi regangan gugus C–O yang umumnya ditemukan pada senyawa terpenoid dan glikosida. Keberadaan gugus C–O–C dan C–O berperan dalam mekanisme antioksidan sebagai bagian dari struktur molekul yang mendukung resonansi elektron setelah donasi hydrogen (Rohaeti et al., 2021). Dengan demikian, analisis FTIR memberikan konfirmasi instrumental yang kuat terhadap hasil uji fitokimia dan aktivitas antioksidan yang telah diperoleh. Ketiga metode analisis tersebut saling melengkapi, uji skrining fitokimia mengidentifikasi keberadaan senyawa flavonoid, alkaloid, fenolik, terpenoid, dan steroid secara kualitatif; uji DPPH mengukur secara kuantitatif kapasitas penangkapan radikal bebas dengan IC_{50} sangat kuat pada seluruh rasio; dan analisis FTIR menjelaskan dasar molekular aktivitas tersebut melalui gugus O–H (donor hidrogen utama), C=C aromatik (struktur cincin flavonoid dan fenolik), dan C–O (pendukung resonansi elektron). Hubungan ketiganya konsisten dengan tingginya aktivitas antioksidan (IC_{50} rendah) pada rasio 1:25 berbanding lurus dengan dominannya puncak O–H pada $3309,6\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan konsentrasi senyawa fenolik dan flavonoid tertinggi pada rasio tersebut, sekaligus menjelaskan mekanisme molekular di balik kemampuan antioksidan ekstrak kulit pinang yang diekstraksi menggunakan metode *microwave digester*.

KESIMPULAN

Ekstrak kulit pinang (*Areca catechu* L.) dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi terbukti mengandung lima golongan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan, yaitu flavonoid,

alkaloid, fenolik, terpenoid, dan steroid, yang dibuktikan melalui uji skrining fitokimia dengan hasil positif pada seluruh variasi rasio bahan dan pelarut (1:5, 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:25). Identifikasi gugus fungsi melalui analisis FTIR pada rasio 1:25 mengonfirmasi keberadaan gugus O–H, C=C aromatik/C=O, C–H alifatik dan aromatik, serta C–O sebagai gugus fungsi utama penyumbang aktivitas antioksidan. Variasi rasio bahan dan pelarut berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan yang diukur berdasarkan nilai IC_{50} , dengan tren penurunan nilai IC_{50} seiring meningkatnya rasio dari 1:5 hingga 1:25, di mana rasio 1:25 menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi ($IC_{50} = 0,090$ ppm) dan seluruh variasi rasio tergolong kategori sangat kuat ($IC_{50} < 50$ ppm. Metode *microwave digester* terbukti unggul secara signifikan dibandingkan metode konvensional menghasilkan IC_{50} yang jauh lebih rendah. Dengan demikian, keunggulan nilai IC_{50} yang sangat rendah ini menegaskan bahwa kulit pinang yang selama ini terbuang sebagai limbah pertanian memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan aktif antioksidan alami dalam formulasi produk farmasi, kosmetik, maupun pangan fungsional, sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi bagi rantai produksi pinang di Provinsi Jambi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Sipil, Kimia, dan Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi atas dukungan fasilitas laboratorium, serta kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi. (2022). *Provinsi Jambi dalam angka 2022*. BPS Provinsi Jambi.
- Cahyani, I. S., Hadriyati, A., & Yulianis. (2020). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Frakksi Kulit Buah (*Areca catechu* L) Dari Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 6(1), 2615–109.
- Chaves, J. O., de Souza, M. C., da Silva, L. C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P. C., Machado, A. P. da F., Forster-Carneiro, T., Vázquez-Espinosa, M., González-de-Peredo, A. V., Barbero, G. F., & Rostagno, M. A. (2020). Extraction of Flavonoids From Natural Sources Using Modern Techniques. *Frontiers in Chemistry*, 8(September).
- Damanik, A. P., Hartulistiyoso, E., & Hasbullah, R. (2022). Penerapan metode ekstraksi microwave untuk meningkatkan rendemen dan mutu oleoresin lada putih (*Piper nigrum* L.). *Jurnal Keteknikaan Pertanian (JTEP)*, 10(1), 21–28.

- Hidayah, N., Alimuddin, A. H., & Harlia. (2019). Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Fitokimia dari Ekstrak Kulit Buah Pinang Sirih Muda dan Tua (*Areca catechu* L.). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2), 126–133.
- Humaryanto, H., Sani, K. F., Yuliawati, Y., Rahman, A. O., & Muhaimin, M. (2023). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol 50% biji pinang (*Areca catechu*) dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *Jurnal Ilmiah Manuntung: Sains Farmasi dan Kesehatan*, 9(1), 58–63.
- Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). *Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay*. 48(August), 412–422.
- Mailuhu, M., et al. (2017). Skrining fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak metanol kulit batang soyogik (*Saurauia bracteosa* DC). *Pharmakon*, (1), 1–6.
- Mulyani, A. D., Rahayu, M. P., & Purnamasari, N. A. D. (2023). Formulasi dan Evaluasi Mutu Fisik Sediaan Masker Gel Peel-Off Ekstrak Biji Pinang (*Areca Catechu* L.) Sebagai Antioksidan. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(3), 400–412.
- Prasad, R., Zainol, M. S., Ahmad, I., & Krishnaiah, D. (2011). Kinetics study of microwave assisted extraction of hypoglycemic active compounds from *Cerriops decandra* sp. leaves using ethanol: Comparison with the Soxhlet extraction. *Journal of Applied Sciences*, 17(5), 2364–2369.
- Pratiwi, I., & Handayani, S. (2024). *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Sabut Buah Pinang (Areca catechu L .)*. 11(1), 135–143.
- Ramayani, S. L., Rohmawati, F., & Rahmadani, Y. S. (2022). Pengaruh rasio bahan dan pelarut terhadap kadar flavonoid dan aktivitas penangkapan radikal bebas ekstrak daun mengkudu (*Morinda citrifolia*). *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 7, 56–61.
- Rohaeti, E., Karunina, F., & Rafi, M. (2021). *FTIR-based Fingerprinting and Chemometrics for Rapid Investigation of Antioxidant Activity from Syzygium polyanthum Extracts*. 21(1), 128–136.
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (2005). *Spectrometric identification of organic compounds* (7th ed.). Wiley.
- Tong, T., Xu, A., Tan, S., Jiang, H., Liu, L., Deng, S., & Wang, H. (2024). Biological Effects and Biomedical Applications of Areca Nut and Its Extract. *Pharmaceuticals*, 17(2).
- Zahara, F., Yuniarni, D., & Arziqni, I. (2023). Optimasi Ekstraksi Flavonoid Dari Daun Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L) Menggunakan Microwave-Assisted Extraction (Mae). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 190–202.