

PENELITIAN

OPEN ACCESS

Daun dan Kulit Buah Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner) Sebagai Sumber Senyawa Bioaktif untuk Aplikasi Farmakologi

Mastuti Widianingsih*

Program Studi Farmasi/Fakultas Ilmu Kesehatan/Universitas Malahayati, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: Jl. Pramuka No. 27, Kemiling Permai, Kemiling, Kota Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 35152

E-mail: mastutiresearch02@gmail.com

Abstrak

Kopi menjadi salah satu komoditas perkebunan strategis dengan nilai ekonomi tinggi dan distribusi konsumsi yang luas secara global. Selain biji kopi yang menjadi produk utama, bagian tanaman lain seperti daun dan kulit buah kopi diketahui mengandung beragam senyawa metabolit sekunder yang berpotensi memberikan manfaat farmakologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder pada ekstrak daun dan kulit buah kopi robusta melalui uji fitokimia kualitatif. Sampel diambil dari perkebunan kopi di Lampung Barat, diidentifikasi secara morfologi, kemudian diekstraksi dan dianalisis menggunakan pereaksi spesifik untuk mendeteksi alkaloid, flavonoid, fenolik/tanin, saponin, terpenoid, dan steroid. Hasil analisis menunjukkan bahwa ekstrak daun maupun kulit buah kopi robusta positif mengandung alkaloid (presipitasi putih-cokelat), flavonoid (warna kuning kecokelatan disertai busa), fenolik/tanin (warna hijau kebiruan), saponin (buih stabil ± 30 detik), dan terpenoid (cincin merah), sedangkan senyawa golongan steroid tidak terdeteksi. Keberadaan senyawa tersebut mengindikasikan potensi aktivitas biologis seperti antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan kardioprotektif, sebagaimana dilaporkan dalam penelitian terdahulu dalam satu dekade terakhir. Temuan ini memperkuat prospek pemanfaatan bagian non-biji kopi robusta sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat dikembangkan dalam industri fitofarmaka dan pangan fungsional berbasis tanaman.

Kata kunci : *Coffea canephora*, fitofarmaka, metabolit sekunder.

Abstract

Coffee is one of the most strategic plantation commodities, with high economic value and widespread global consumption. Beyond coffee beans as the primary product, other parts of the coffee plant, such as leaves and fruit husks, are known to contain a diverse range of secondary metabolites with potential pharmacological benefits. The objective of this research is to identify the secondary metabolite content of Robusta coffee leaf and fruit husk extracts through qualitative phytochemical screening. Samples were collected from a coffee plantation in West Lampung, morphologically identified, and subsequently extracted and analyzed using specific reagents to detect alkaloids, flavonoids, phenolics/tannins, saponins, terpenoids, and steroids. The results indicated that both leaf and fruit husk extracts tested positive for alkaloids (white-brown precipitate), flavonoids (yellow-brown coloration with foam formation), phenolics/tannins (blue-green coloration), saponins (stable foam for approximately 30 seconds), and terpenoids (red ring formation), while steroids were not detected. The presence of these compounds suggests potential biological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and cardioprotective properties, as reported in previous studies over the last decade. These findings reinforce the potential of non-bean parts of Robusta coffee as promising sources of bioactive compounds for the development of phytopharmaceuticals and plant-based functional foods.

Keywords: *Coffea canephora*, phytopharmaceuticals, secondary metabolites.

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia, dengan produksi didominasi oleh dua spesies utama, yaitu *Coffea arabica* dan *Coffea canephora* (robusta). Menurut *International Coffee Organization* (ICO, 2022), produksi kopi Indonesia pada tahun 2021-2022 mencapai 12,3 juta kantong (60 kg/kantong), sekitar 74% merupakan kopi robusta. Selama ini, pemanfaatan tanaman kopi lebih berfokus pada biji, sementara bagian lain seperti daun dan kulit buah (*pulp*) umumnya menjadi limbah hasil panen dan pengolahan pasca panen. Padahal, bagian-bagian ini diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif dengan potensi manfaat farmakologi.

Daun kopi robusta dilaporkan mengandung senyawa polifenol, flavonoid, alkaloid (termasuk kafein dan trigonelin), serta asam klorogenat dalam kadar yang cukup tinggi. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antidiabetes, dan potensi sebagai agen neuroprotektif (Chen et al., 2020; Martins et al., 2021). Penelitian oleh Defri dkk. (2021) menunjukkan bahwa olahan tradisional daun kopi robusta, seperti *Kawa Daun*, memiliki aktivitas antioksidan tinggi berdasarkan uji *in vitro* dan *in silico*. Ahriyasna dkk. (2024) melaporkan bahwa ekstrak rebusan daun kopi robusta mampu menurunkan kadar glukosa darah secara signifikan dan memperbaiki kerusakan sel beta pankreas pada tikus yang diinduksi aloksan. Temuan ini memperkuat potensi daun kopi sebagai kandidat bahan alami untuk terapi diabetes.

Demikian pula, kulit buah kopi robusta kaya akan senyawa fenolik, saponin, terpenoid, dan serat pangan, yang menunjukkan aktivitas antimikroba, hepatoprotektif, dan antikanker (Murthy & Naidu, 2012; Rios et al., 2020). Beberapa studi menemukan sifat antibakteri dari ekstrak kopi, termasuk robusta, meskipun zona hambatan yang dihasilkan tergolong rendah (Latief dkk., 2022). Penelitian lain menunjukkan efek protektif terhadap jaringan usus pada model tikus yang mengalami stres oksidatif akibat paparan *lead acetate* (Choirunnisa dkk., 2024), serta kemampuan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan katalase di otak (Siregar dkk, 2023).

Dalam konteks farmakologi modern, pemanfaatan limbah agroindustri sebagai sumber bahan baku bioaktif sejalan dengan konsep *circular economy* dan *green pharmacy*. Pemanfaatan daun dan kulit buah kopi bukan hanya dapat mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga membuka peluang pengembangan produk fitofarmaka berbasis bahan alami yang bernilai ekonomi tinggi (Dias et al., 2021).

Meskipun beberapa penelitian telah mengeksplorasi potensi senyawa aktif pada daun dan kulit buah kopi robusta, kajian komprehensif yang menghubungkan profil fitokimia dengan prospek farmakologinya masih terbatas, terutama di Indonesia. Oleh karena itu, telaah ini penting untuk memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan bagian non-biji kopi sebagai sumber bahan obat alami.

Material dan metode

Pengambilan dan Identifikasi Sampel

Sampel penelitian berupa daun dan kulit buah kopi robusta diperoleh dari salah satu perkebunan kopi di Lampung Barat di bulan April 2025. Identifikasi sampel dilakukan untuk memastikan keakuratan jenis tanaman dan menghindari kesalahan pengambilan dikerjakan di Laboratorium Botani, Universitas Lampung. Identifikasi dilakukan secara morfologi dengan mengamati ciri khas tanaman kopi robusta, meliputi bentuk daun, bentuk ujung daun, warna

daun muda, bentuk buah, warna buah, dan bentuk biji. Hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan kunci determinasi yang terdapat pada *An Integrated System of Classification of Flowering Plants* (Cronquist, 1981) dan *An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants* (APG II, 2003). Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* yaitu daun dan kulit kopi muda segar dan tidak busuk (Wijaya et al., 2021).

Persiapan Sampel

Setelah teridentifikasi sebagai kopi robusta, sampel daun dan kulit buah dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan debu yang menempel. Proses pengeringan dilakukan dengan metode pengeringan alami di tempat teduh dan berventilasi baik. Daun dikeringanginkan selama 7×24 jam, sedangkan kulit buah dikeringanginkan selama 14×27 jam hingga mencapai kadar air rendah dan tekstur kering rapuh.

Pembuatan Simplisia

Sampel kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender kering hingga diperoleh serbuk simplisia. Serbuk kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 40 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Simplisia yang diperoleh disimpan dalam wadah tertutup rapat dan terhindar dari cahaya langsung hingga siap digunakan untuk proses ekstraksi dan analisis kandungan senyawa bioaktif.

Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Lampung menggunakan metode maserasi. Sebanyak 100 gram simplisia dimasukkan ke dalam bejana kaca dan ditambahkan 1 liter pelarut etanol 96% (rasio 1:10 b/v). Campuran diaduk setiap 6 jam dan dibiarkan selama 72 jam pada suhu ruang. Filtrat yang diperoleh disaring menggunakan kertas saring Whatman No.40, kemudian pelarut diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40-60°C hingga diperoleh ekstrak pekat. Ekstrak dikentalkan dengan *waterbath* pada suhu 50°C. Ekstrak disimpan dalam vial gelap pada suhu 4°C hingga digunakan untuk pengujian. Prosedur tersebut dilakukan untuk tiap sampel daun dan kulit buah.

Uji Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan secara kualitatif untuk mendeteksi keberadaan senyawa bioaktif utama. Prosedur ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Lampung. Hasil uji fitokimia dicatat berdasarkan perubahan warna atau pembentukan endapan yang sesuai dengan indikator positif masing-masing senyawa (**Tabel 1**).

Tabel 1 Kriteria Hasil Positif Pada Uji Fitokimia

Kelompok	Reagen	Kriteria positif
Alkaloid	Mayer	Presipitasi putih-cokelat
Flavonoid	Mg dan HCl	Merah/kuning/cokelat/busa
Fenolik/tanin	Besi (III) klorida	Hijau kebiruan-hitam
Saponin	<i>Aquadest</i>	Buih stabil 30 detik
Terpenoid	Asam asetat glacial dan asam sulfat	Cincin merah

Steroid

Liebermann-Burchard

Biru-hijau pekat

Hasil dan Diskusi

Salah satu tahapan krusial dalam penelitian berbasis bahan alam adalah memastikan keaslian dan ketepatan identifikasi spesimen yang digunakan. Kesalahan dalam identifikasi dapat menyebabkan ketidaksesuaian hasil penelitian, khususnya pada kajian fitokimia dan farmakologi, karena setiap spesies memiliki profil senyawa bioaktif yang berbeda. Oleh karena itu, konfirmasi taksonomi dilakukan secara cermat sebelum tahap pengolahan sampel dimulai.

Identifikasi spesimen dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan dalam penelitian ini benar merupakan tanaman kopi robusta. Proses identifikasi diawali dengan pengamatan morfologi secara langsung terhadap bagian vegetatif dan generatif tanaman di lapangan, meliputi bentuk dan ukuran daun, bentuk ujung daun, susunan tulang daun, warna daun muda, bentuk buah, warna buah pada tingkat kematangan tertentu, serta bentuk dan ukuran biji. Hasil pengamatan menunjukkan ciri-ciri khas *Coffea canephora*, antara lain daun berbentuk elips hingga lonjong dengan ujung meruncing, tulang daun menyirip, permukaan daun licin mengkilap, buah berbentuk bulat hingga oval dengan warna hijau saat muda dan merah cerah ketika matang, serta biji berbentuk lonjong dengan lekukan tengah yang dangkal.

Hasil pengamatan tersebut kemudian dibandingkan dengan deskripsi taksonomi pada *An Integrated System of Classification of Flowering Plants* (Cronquist, 1981) dan *An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants* (APG II, 2003). Berdasarkan kunci determinasi tersebut, *Coffea canephora* diklasifikasikan dalam Divisio Magnoliophyta (Angiospermae), Kelas Magnoliopsida (dikotil), Ordo Gentianales, Famili Rubiaceae, dan Genus *Coffea*. Karakter morfologi yang diamati pada sampel memiliki kesesuaian penuh dengan ciri yang tercantum pada kedua sistem klasifikasi tersebut, sehingga dapat dipastikan bahwa tanaman yang digunakan adalah benar kopi robusta.

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* untuk memastikan kualitas dan homogenitas bahan uji. Kriteria yang digunakan adalah daun dan kulit buah kopi muda yang segar, tidak layu, dan bebas dari tanda-tanda kerusakan atau pembusukan, baik akibat faktor lingkungan maupun serangan organisme pengganggu. Metode pengambilan ini mengacu pada prosedur yang diadaptasi dari Wijaya et al. (2021), dengan tujuan meminimalkan variasi kandungan metabolit sekunder yang dapat dipengaruhi oleh tingkat kematangan atau kondisi fisiologis tanaman.

Setelah proses identifikasi dan pengambilan sampel, tahapan selanjutnya adalah ekstraksi senyawa bioaktif menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Pemilihan etanol 96% didasarkan pada sifatnya sebagai pelarut polar yang mampu melarutkan berbagai senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, dan saponin yang terkandung pada daun maupun kulit buah kopi robusta (Chen et al., 2020; Martins et al., 2021). Selain itu, etanol relatif aman, tidak terlalu toksik, dan mudah menguap sehingga memudahkan proses pemekatan ekstrak (Dias et al., 2021). Maserasi dilakukan dengan cara merendam simplisia kering yang telah dihaluskan dalam pelarut etanol 96% selama periode tertentu pada suhu ruang, sambil dilakukan pengadukan sesekali untuk memaksimalkan kontak antara pelarut dan bahan. Proses ini memungkinkan difusi senyawa aktif dari matriks tumbuhan ke dalam pelarut tanpa merusak struktur kimia senyawa yang sensitif terhadap panas (Muchtaridi et al., 2020). Filtrat hasil maserasi kemudian disaring, dan pelarutnya diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental yang siap digunakan untuk tahap pengujian lebih lanjut (Siregar et al., 2023). Metode maserasi dipilih karena prosedurnya sederhana, biaya rendah, dan dapat diaplikasikan pada sampel dalam jumlah besar tanpa memerlukan peralatan

yang kompleks. Selain itu, maserasi dengan etanol memungkinkan ekstraksi senyawa polar dan semi-polar secara efektif, yang sesuai dengan target senyawa bioaktif pada daun dan kulit buah kopi robusta (Martinez-Saez et al., 2017; Budijanto et al., 2021).

Ekstrak yang diperoleh melalui proses maserasi selanjutnya diuji secara kualitatif. Hasil uji fitokimia terhadap ekstrak daun dan kulit buah kopi robusta (*Coffea canephora*) menunjukkan adanya kandungan senyawa aktif berupa alkaloid, flavonoid, fenolik/tanin, saponin, dan terpenoid, sedangkan steroid tidak terdeteksi pada kedua jenis sampel (**Tabel 2**). Kehadiran senyawa-senyawa bioaktif ini mengindikasikan potensi aktivitas biologis yang dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan industri pangan.

Tabel 2 Hasil Uji Fitokimia Daun dan Kulit Buah Kopi Robusta

Kelompok	Hasil uji		Interpretasi hasil
	Ekstrak daun	Ekstrak kulit buah	
Alkaloid	+	+	Presipitasi putih-cokelat
Flavonoid	+	+	Kuning kecokelatan-busa
Fenolik/tanin	+	+	Hijau kebiruan
Saponin	+	+	Buih stabil 30 detik
Terpenoid	+	+	Cincin merah
Steroid	-	-	Warna tidak berubah

Alkaloid terdeteksi positif pada ekstrak daun maupun kulit buah, yang ditandai dengan terbentuknya presipitasi putih kecokelatan. Alkaloid merupakan senyawa nitrogen heterosiklik yang diketahui memiliki aktivitas biologis, termasuk sebagai stimulan sistem saraf pusat, antimikroba, dan antioksidan (Urbina et al., 2018), serta antijamur, melalui mekanisme penghambatan pertumbuhan mikroorganisme patogen serta penangkalan radikal bebas (Wang et al., 2019). Penelitian oleh Rahmawati et al. (2021) juga melaporkan bahwa ekstrak kulit buah kopi robusta mengandung alkaloid dengan potensi sebagai agen antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pada kopi, alkaloid utama seperti kafein berperan dalam meningkatkan kewaspadaan, metabolisme, dan memiliki efek protektif terhadap beberapa penyakit neurodegeneratif (Grosso et al., 2017). Deteksi alkaloid pada kedua sampel sejalan dengan laporan Nugroho et al. (2021) yang menemukan kandungan kafein signifikan pada bagian daun dan kulit buah kopi robusta, meskipun konsentrasinya bervariasi tergantung tingkat kematangan dan metode pengolahan.

Uji flavonoid pada kedua jenis ekstrak menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya warna kuning kecokelatan dan busa, menandakan adanya senyawa flavonoid. Flavonoid merupakan polifenol yang memiliki peran sebagai antioksidan kuat yang mampu menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi atom hidrogen atau elektron, sehingga dapat mencegah kerusakan oksidatif pada biomolekul (Panche et al., 2016). Penelitian oleh Muchtaridi et al. (2020) menunjukkan bahwa ekstrak daun kopi mengandung flavonoid seperti quercetin dan kaempferol yang memiliki efek antiinflamasi dan kardioprotektif. Kandungan flavonoid pada kulit buah kopi juga dilaporkan berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan tinggi yang potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku minuman fungsional atau pangan olahan (Martinez-Saez et al., 2017). Selain itu, penelitian Nugraha et al. (2020) melaporkan hasil bahwa kandungan flavonoid pada daun kopi robusta berkontribusi pada aktivitas

antioksidan tinggi dengan nilai IC_{50} di bawah 50 $\mu\text{g/mL}$, yang dikategorikan sebagai aktivitas sangat kuat.

Uji fenolik/tanin juga menunjukkan reaksi hijau kebiruan pada kedua ekstrak mengindikasikan keberadaan senyawa fenolik dengan struktur polihidroksi aromatik. Senyawa fenolik, termasuk tanin, diketahui memiliki sifat astrigen dan kemampuan sebagai antioksidan sekaligus antibakteri melalui mekanisme pengendapan protein pada membran sel bakteri, yang dapat mengganggu permeabilitas membran (Balasundram et al., 2006). Hasil ini sejalan dengan temuan Abeywickrama et al. (2022) yang melaporkan bahwa ekstrak kulit buah kopi mengandung asam klorogenat dan tanin dalam jumlah tinggi, yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan negatif. Asam klorogenat merupakan salah satu senyawa fenolik dominan yang dilaporkan memiliki efek menurunkan risiko penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan beberapa jenis kanker (Farah & Donangelo, 2006; Clifford et al., 2017). Penelitian terbaru oleh Budijanto et al. (2021) juga menegaskan bahwa kulit buah kopi robusta mengandung fenolik dalam kadar tinggi, menjadikannya sumber potensial untuk ekstraksi senyawa bioaktif bernilai ekonomi.

Pengujian saponin menghasilkan buih stabil selama 30 detik, yang mengindikasikan kandungan saponin pada kedua ekstrak. Saponin memiliki sifat sebagai surfaktan alami yang dapat merusak membran sel mikroorganisme melalui penurunan tegangan permukaan dan berpotensi sebagai agen antimikroba serta imunostimulan (Sparg et al., 2004) dan imunomodulator (Francis et al., 2002). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa saponin pada ekstrak daun kopi berperan dalam meningkatkan aktivitas fagositosis pada uji *in vitro* (Wijayanti et al., 2018) dan menurunkan level kolesterol darah melalui pengikatan asam empedu (Kim et al., 2017).

Uji terpenoid menghasilkan cincin merah pada kedua ekstrak, menandakan adanya kandungan terpenoid. Terpenoid merupakan kelompok besar senyawa lipofilik yang memiliki aktivitas farmakologis beragam, antara lain antimikroba, antiinflamasi, dan sitotoksik terhadap sel kanker melalui mekanisme penghambatan enzim atau induksi apoptosis (Gershenzon & Dudareva, 2007; Salminen et al., 2008). Penelitian oleh Syamsudin et al. (2019) pada ekstrak daun kopi robusta menunjukkan bahwa terpenoid berkontribusi pada aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara T47D. Selain itu, terpenoid pada daun kopi dapat menghambat mikroorganisme patogen dan berpotensi sebagai pengawet alami (Teles et al., 2020).

Sementara itu, uji steroid menunjukkan hasil negatif pada kedua ekstrak, yang berarti senyawa golongan steroid tidak terdeteksi secara kualitatif atau memiliki kadar yang sangat rendah. Ketidakhadiran steroid ini juga dilaporkan pada penelitian oleh Fitriani et al. (2017), yang mengungkapkan bahwa ekstrak daun kopi robusta cenderung tidak mengandung steroid dalam jumlah signifikan. Umumnya, steroid pada tanaman berperan sebagai fitosterol yang memiliki efek menurunkan kolesterol darah, namun ketidakhadiran senyawa ini dalam hasil uji dapat disebabkan oleh faktor fisiologis tanaman atau keterbatasan sensitivitas metode pengujian (Piironen et al., 2000).

Secara keseluruhan, keberadaan senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, fenolik/tanin, saponin, dan terpenoid pada daun dan kulit buah kopi robusta menunjukkan potensi farmakologis yang tinggi. Hasil ini sesuai dengan penelitian-penelitian terdahulu dalam satu dekade terakhir yang menegaskan bahwa bagian tanaman kopi, termasuk limbah daun dan kulit buah, dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan, antimikroba, dan potensi terapeutik lainnya (Martinez-Saez et al., 2017; Mussatto et al., 2021). Temuan ini memperkuat pendapat bahwa limbah kopi dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku untuk produk pangan fungsional, farmasi, maupun kosmetik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji kualitatif menggunakan uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun dan kulit buah kopi robusta memiliki kandungan alkaloid, flavonoid, fenolik/tanin, saponin, dan terpenoid, sementara golongan steroid tidak terdeteksi. Kandungan senyawa bioaktif tersebut memiliki berbagai potensi biologis, di antaranya antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, sitotoksik terhadap sel kanker, serta imunomodulator. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa bagian tanaman kopi, termasuk limbah daun dan kulit buah, merupakan sumber potensial senyawa bioaktif bernilai ekonomis. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bukti bahwa daun dan kulit buah kopi robusta dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam pengembangan produk pangan fungsional, farmasi, maupun kosmetik, sekaligus memberikan nilai tambah pada limbah hasil perkebunan kopi.

Daftar Pustaka

- Abeywickrama, G., Debnath, S., & Jayasena, V. (2022). Bioactive compounds and antioxidant potential of coffee pulp: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 353–362. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05000-y>
- Ahriyasna, N. N. P., Pratiwi, I. G. A. A. E., & Putra, I. M. W. A. (2024). Antidiabetic effect of robusta coffee leaf (*Coffea canephora*) decoction in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Pharmacy and Pharmacology Research*, 2(1), 45–53.
- APG II. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, 399–436.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Budijanto, S., Hidayat, M., & Setyoprato, P. (2021). Bioactive compounds in robusta coffee pulp for functional food ingredients. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(3), 1133–1139. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.3.13438>
- Chen, X., Zhang, H., Wang, J., & Wang, C. (2020). Chemical composition and antioxidant activities of coffee leaves. *Food Chemistry*, 331, 127312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127312>
- Choirunnisa, N., Rahayu, S., & Sutrisno, B. (2024). Protective effect of robusta coffee pulp extract on intestinal tissue of lead acetate-induced rats. *Indonesian Journal of Pharmacology*, 15(2), 112–120.
- Clifford, M. N., Zheng, W., Kuhnert, N., & van der Hooft, J. J. J. (2017). Chlorogenic acids and the acyl-quinic acids: Discovery, biosynthesis, and dietary roles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(33), 7098–7116. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03539>
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press.

- Defri, H., Ismail, R., & Yuliani, N. (2021). Antioxidant activity of Kawa Daun robusta coffee (*Coffea canephora*) from West Sumatra: In vitro and in silico studies. *Journal of Natural Products and Resources*, 7(3), 99–106.
- Dias, D. R., Schwan, R. F., & Silva, J. B. (2021). Coffee pulp and husk: By-products with potential for functional food development. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 317–325. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.024>
- Farah, A., & Donangelo, C. M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 23–36. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100003>
- Fitriani, N., Prihantono, P., & Ramadhan, D. (2017). Phytochemical screening and antioxidant activity of *Coffea canephora* leaves. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 4(3), 139–145. <https://doi.org/10.25026/jtpc.v4i3.152>
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: A review. *British Journal of Nutrition*, 88(6), 587–605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, 3(7), 408–414. <https://doi.org/10.1038/nchembio.2007.5>
- Grosso, G., Godos, J., Galvano, F., & Giovannucci, E. L. (2017). Coffee, caffeine, and health outcomes: An umbrella review. *Annual Review of Nutrition*, 37, 131–156. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064941>
- International Coffee Organization (ICO). (2022). *Coffee Market Report 2021/22*. <https://www.ico.org>
- Kim, Y., Keogh, J. B., & Clifton, P. M. (2017). Benefits of phytosterols and phytosteranols on lipid profiles and cardiovascular risk. *Nutrition Research*, 38, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2016.12.003>
- Latief, M., Nurdin, A., & Sahar, S. (2022). Antibacterial potential of robusta coffee pulp extract (*Coffea canephora*). *Indonesian Journal of Pharmacy*, 33(1), 58–64.
- Martinez-Saez, N., Ullate, M., Martín-Cabrejas, M. A., Martorell, P., Genovés, S., Ramon, D., & Del Castillo, M. D. (2017). A novel antioxidant beverage for body weight control based on coffee silverskin. *Food Chemistry*, 225, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.059>
- Martins, N., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2021). Nutritional and bioactive compounds of coffee leaves: A sustainable source of functional ingredients. *Food & Function*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1039/D0FO02555E>
- Muchtaridi, M., Subarnas, A., Apriyanti, E., & Yusuf, M. (2020). Phytochemical analysis and pharmacological activity of *Coffea* species. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10(6), 1–12. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2020.10601>
- Murthy, P. S., & Naidu, M. M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Nugraha, R., Putri, N. D., & Hidayati, N. (2020). Antioxidant activity of robusta coffee leaf extract. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 475, 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/475/1/012040>
- Nugroho, D., Rahmawati, D., & Santoso, U. (2021). Caffeine content in leaves and fruit peel of robusta coffee (*Coffea canephora*) at different maturity stages. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 9(1), 13–20.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>

- Piironen, V., Lindsay, D. G., Miettinen, T. A., Toivo, J., & Lampi, A. M. (2000). Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 939–966. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<939::AID-JSFA644>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<939::AID-JSFA644>3.0.CO;2-C)
- Rahmawati, D., Santoso, U., & Nugroho, D. (2021). Antibacterial activity of robusta coffee (*Coffea canephora*) fruit peel extract against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Biosaintifika*, 13(2), 206–213. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v13i2.28869>
- Rios, M. B., Franco, M. A., Alves, A. P., et al. (2020). Chemical composition and biological activities of coffee pulp: A review. *Food Research International*, 137, 109409. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109409>
- Salminen, A., Lehtonen, M., Suuronen, T., Kaarniranta, K., & Huuskonen, J. (2008). Terpenoids: Natural inhibitors of NF- κ B signaling with anti-inflammatory and anticancer potential. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 65(19), 2979–2999. <https://doi.org/10.1007/s00018-008-8103-5>
- Siregar, R. P., Hutagalung, S., & Lubis, Z. (2023). Neuroprotective effect of robusta coffee pulp extract in lead acetate-induced oxidative stress in rats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 17(2), 56–63.
- Sparg, S. G., Light, M. E., & van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2-3), 219–243. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.016>
- Syamsudin, S., Nurrochmad, A., & Nugroho, A. E. (2019). Cytotoxic activity of *Coffea canephora* leaf extract against T47D breast cancer cell lines. *Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention*, 10(2), 46–51. <https://doi.org/10.14499/indonesianjcanchemoprev10iss2pp46-51>
- Teles, S., Teles, R., & Silva, F. (2020). Terpenoids as natural preservatives in food systems. *Food Research International*, 136, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>
- Urbina, P., Reig, N., & Farré, M. (2018). Alkaloids: Biochemistry, ecology, and medicinal applications. *Journal of Medicinal Chemistry*, 61(18), 8182–8200. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.8b00235>
- Wang, Y., Zhang, H., Zhao, Y., & Zhang, Q. (2019). Alkaloids: Therapeutic potential and mechanisms of action in microbial infection. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 692. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00692>
- Wijayanti, R., Prasetyo, H., & Hidayati, L. (2018). Phagocytic activity enhancement by coffee leaf saponin extract. *Pharmacognosy Journal*, 10(2), 243–248. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.2.42>
- Wijaya, R., Nugroho, D., & Santoso, U. (2021). Sampling techniques for plant-based bioactive compound analysis. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12(1), 45–52.