E-ISSN : 2774-4655
FORTE JOURNAL
Universitas Haji Sumatera Utara
FJ | https://www.ojs.unhaj.ac.id/index.php/fj | Volume 06 | Nomor 02 | Juli | 2026 | Halaman 477-492

TINJAUAN: PENGARUH METODE DAN KONDISI EKSTRAKSI KULIT KOPI TERHADAP KANDUNGAN SENYAWANYA

REVIEW : THE EFFECT OF COFFEE PEEL EXTRACTION METHODS AND CONDITIONS ON ITS COMPOUND CONTENT

Mega Karina Putri[1*], Eni Kartika Sari[2]

[1,2]STIKes Akbidyo, Yogyakarta, Indonesia
Email: [1*]megakarinaputri@akbidyo.ac.id, [2]kartikasarieni83@gmail.com
* corresponding author

Kulit buah kopi merupakan salah satu limbah dari proses pengolahan biji kopi yang masih dapat dimanfaatkan, karena mengandung berbagai macam senyawa aktif, sehingga berpotensi dimanfaatkan dan dikembangkan menjadi suatu produk. Salah satu faktor yang memengaruhi pengembangan dan pemanfaatannya adalah ekstraksi, baik dari segi pemilihan metode dan kondisi ekstraksi. Oleh karena itu, artikel ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah dalam pemilihan metode ekstraksi yang tepat sesuai dengan senyawa target. Metode penelitian dilakukan dengan melakukan penelusuran artikel pada 3 database sesuai dengan keyword yang digunakan, pemilihan artikel, serta analisis secara deskriptif. Jumlah artikel yang diperoleh sebanyak 35 dengan 11 artikel terpilih yang diulas. Pemilihan artikel disesuaikan dengan krieria inkulusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Berdasarkan 11 artikel tersebut diketahui bahwa metode dan kondisi ekstraksi yang digunakan kulit buah kopi tergantung dari senyawa aktif yang akan diekstraksi. Ekstraksi pektin dilakukan dengan metode perendaman. Ekstraksi selulosa dengan metode ultrasonik. SFE menggunakan CO_2 superkritis-50% etanol merupakan metode ekstraksi polisakarida dan flavonoid yang paling optimal. Ekstraksi SDF, asam kafeat dan asam klorogenat menggunakan metode UAE. Kadar fenol tertinggi diperoleh melalui metode perendaman disertai pengadukan. Metode ekstraksi solid-liquid extraction merupakan metode terbaik untuk ekstraksi kafein.

Kata kunci: *ekstraksi; kulit buah kopi; kondisi; metode*

Abstract

Coffee fruit peel is a waste product from the manufacturing of coffee beans, but it can still used because it includes a number of active chemiclas that could be turned into high-value goods. The development and use of these compounds are significantly influenced by extraction, particularly with regard to the method and extraction conditions chosen. As a result, the purpose of this article is to provide a scientific reference for choosing the best extraction technique depending on the target ingredient. For the study, three databases were searched using particular keywords, pertinent publications were chosen, and a descriptive analysis was carried out. Based on predetermined inclusion and exclusion criteria, 11 of the 35 papers that were found were chosen for evaluation. It is clear from the eleven articles that the conditions and extraction techniques used on coffee fruit peel vary depending on the particular active chemicals being recovered. The soaking method is used to extract pectin, whereas an ultrasonic method is used to extract cellulose. The best technique for extracting polysaccharides and flavonoids is supercritical CO2 with 50% ethanol (SFE). SDF, caffeic acid, and chlorogenic acid are extracted using UAE. The soaking process paired with stirring yields the highest phenolic concentration. The most effective way to extract caffeine is through solid-liquid extraction.

Keywords: coffee fruit peel, condition, extracion, methods

Submitted : 09/06/26	**Reviewed :** 01/07/26	**Accepted :** 14/07/26

Pendahuluan

Buah kopi terdiri dari bagian-bagian berupa pericarp atau kulit luar, lendir atau pulp, parkemen, kuli perak dan biji. Proses pengolahan biji kopi dari buah kopi akan membuang bagian-bagian tersebut. Bagian-bagian tersebut mencapai 50% dari keseluruhan buah kopi, dimana lebih dari 40% adalah kulit dan pulp, serta sisanya sekitar 16% berupa parkemen dan kulit perak (Maxiselly, Anjarsari and Sari, 2023). Kulit dan pulp buah kopi diketahui mengandung berbagai senyawa, seperti polifenol (asam klorogenat, asam p-hidroksibenzoat, asam ferulat, asam kafeat, asam galat, asam siringat, asam vanilat, dan asam p-kumarat), antosianin (sianidin-3-rutinosida, sianidin-3-glukosida), dan flavonoid yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan serta pektin (Ameca *et al*. 2018; Azzahra *et al*. 2025; Delgado *et al*. 2019; Murthy & Naidu, 2012; Oliveira, 2007; Rotta *et al*. 2021).

Pektin bermanfaat dalam pengobatan untuk meningkakan viskositas dan volume feses, sehingga dapat digunakan untuk mengatasi konstipasi dan diare. Selain itu, pektin juga dimanfatkan untuk stabilisasi dalam produk kosmetik dan sebagai bahan eksipien dalam pembuatan tablet lepas terkontrol (Srivastava and Malviya, 2011). Sedangkan, polifenol, antosianin, dan flavonoid digunakan sebagai sumber antioksidan alami. Antioksidan sangat bermanfaat bagi tubuh dan juga kulit. Di dalam tubuh, antioksidan akan berinteraksi dengan radikal bebas, sehingga akan mengentikan reaksi berantai dan mencegah radikal bebas merusak molekul vital. Oleh karena itu, dapat mencegah munculnya penyakit-penyakit degeneratif (Ibroham, Jamilatun and Kumalasari, 2022). Sedangkan, antioksidan di kulit bermanfaat untuk mencegah penuaan dini dan dapat menjaga kondisi kulit (Haerani *et al*. 2018). Berbagai potensi dari kulit buah kopi tersebut membuat kulit buah kopi pantas dikembangkan menjadi berbagai produk bernilai ekonomis.

Sejumlah penelitian eksperimental telah mengevaluasi berbagai metode dan kondisi ekstraksi kulit buah kopi, termasuk penggunaan jenis pelarut, suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut, ukuran partikel, dan kecepatan pengadukan (Lestari *et al*. 2021; Raharjani *et al*. 2021; Rahayu *et al*. 2022; Serna-Jimenez *et al*. 2023). Meskipun demikian, hasil penelitian tersebut masih bersifat terpisah-pisah dan umumnya hanya berfokus pada satu atau beberapa senyawa target, sehingga belum memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi ekstraksi yang paling efektif dan efisien untuk memperoleh berbagai kelompok senyawa bioaktif dari kulit buah kopi.

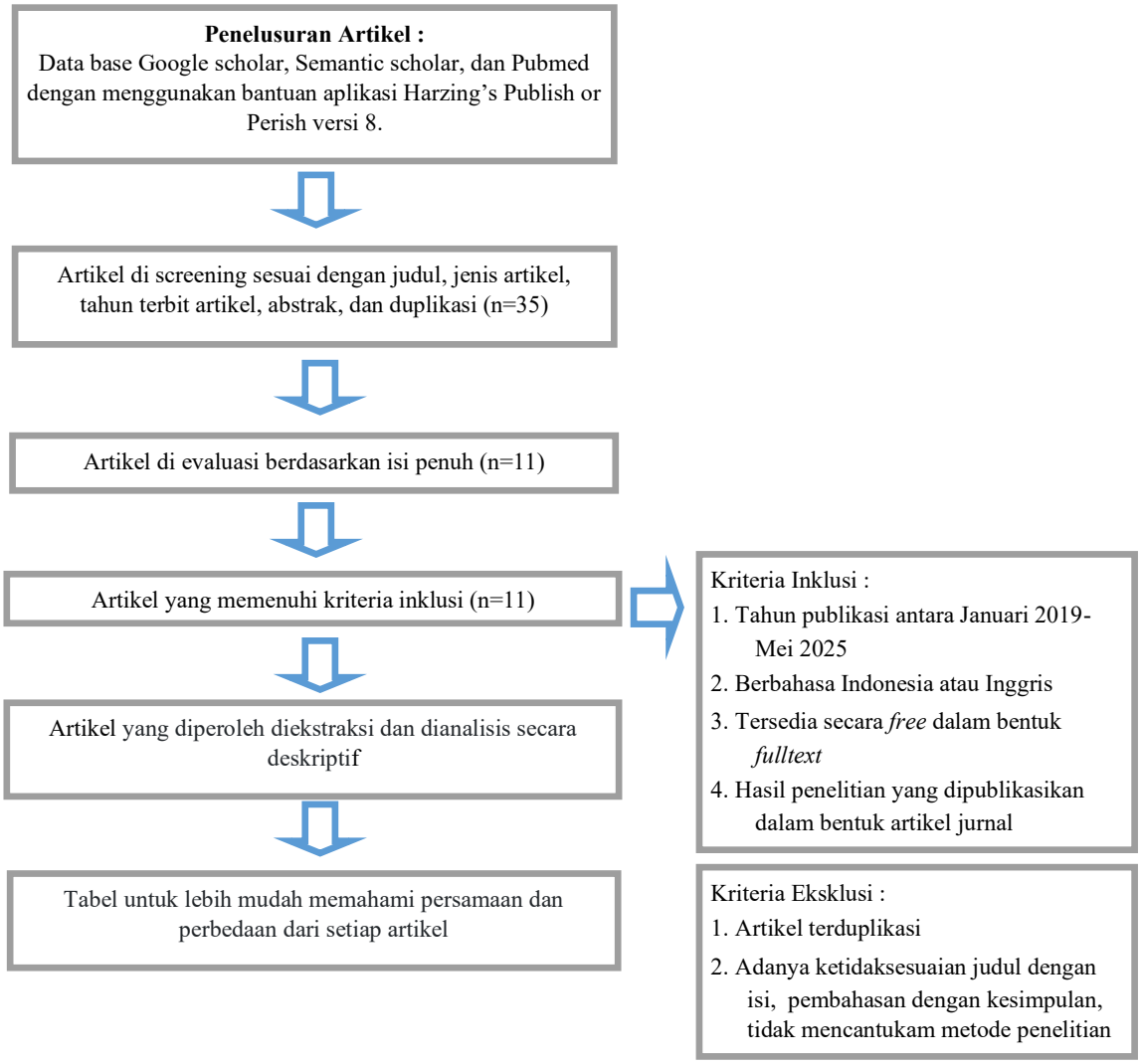
Di sisi lain, beberapa artikel review maupun *systematic literature review* mengenai kulit buah kopi telah dipublikasikan. Namun, kajian-kajian tersebut lebih banyak membahas aspek pemanfaatan limbah kopi secara umum -meliputi *cascara, coffee pulp, coffee husk, coffee silverskin*, dan *spent coffee grounds*- beserta kandungan fitokimia, aktivitas antioksidan, manfaat kesehatan, serta aplikasi pada bidang pangan dan industri (Iriondo-DeHond, Iriondo-DeHond and Castillo, 2020; Lestari *et al.*, 2022; Wibowo *et al.*, 2024; Aurum *et al.*, 2026). Hingga saat ini, belum ditemukan artikel review yang secara khusus mengintegrasikan dan membandingkan berbagai metode serta kondisi ekstraksi kulit buah kopi dengan mengkaitkannya terhadap efisiensi perolehan masing-masing kelompok senyawa bioaktif.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, kebaruan artikel review ini terletak pada penyajian analisis komprehensif mengenai hubungan antara metode ekstraksi dan kondisi ekstraksi terhadap efisiensi perolehan kelompok senyawa bioaktif dalam kulit buah kopi. Pendekatan tersebut memberikan perspektif yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada suatu kelompok senyawa atau suatu metode ekstraksi. Dengan demikian, artikel ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah dalam pemilihan metode ekstraksi yang tepat sesuai dengan senyawa target dan tujuan pemanfaatannya.

Secara praktis, hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan proses ekstraksi yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam pemanfaatan kulit buah kopi sebagai baan baku produk pangan fungsional, kosmetik, serta sediaan farmasi berbasis bahan alam. Selain, meningkatkan nilai tambah limbah agroindustri kopi, informasi yang disajikan juga diharapkan mampu mendukung pengembangan inovasi produk yang mendukung kesehatan dan kecantikan.

Metode Penelitian

Pencarian literatur yang digunakan dalam artikel ini diperoleh melalui penelusuran pada database ilmiah seperti Google Scholar, Semantic Scholar, dan Pubmed dengan menggunakan batuan aplikasi Harzing's Publish or Perish versi 8. Proses pencarian dilakukan pada bulan Oktober 2025 dan dilakukan secara sistematis mengunakan kombinasi kata kunci yang disusun berdasarkan topik penelitian, yaitu ekstraksi cascara, extraction cascara, dan extraction coffee peel.



Gambar 1. Bagan tahapan langkah kerja

Strategi pencarian memanfaatkan *boolean operator*, yaitu kata penghubung logis yang digunakan untuk memperluas atau mempersempit hasil pencarian literatur. Operator yang digunakan dalam artikel ini adalah AND, yang berfungsi untuk menampilkan artikel yang memuat seluruh kaa kunci. Dengan demikian, hasil pencarian menjadi lebih spersifik dan relevan terhadap topik yang dikaji.

Prosedur *screening literature* dilakukan secara bertahap untuk memperoleh artikel yang sesuai dengan tujuan kajian. Tahapan *screening* meliputi : identifikasi literatur, penghapusan duplikasi dan *screening* judul, abstrak, jenis artikel, tahun terbit artikel, serta penilaian *full text*. Artikel yang telah

memenuhi, selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Metode penelitian yang dilakukan terangkum pada Gambar 1 berikut.

Hasil dan Pembahasan

Sebelas artikel yang diperoleh dikategorikan sesuai dengan senyawa target pada setiap artikel, yaitu pektin (4 artikel), selulosa (1 artikel), monosakarida, polisakarida, dan inhibitor aktivitas α-amilase (1 artikel) dan fenol, flavonoid, antosianin, karotenoid, kafein, asam kafeat, asam klorogenat, dan aktivitas antioksidan (5 artikel). Secara umum, metode variasi yang digunakan meliputi maserasi, perendaman dengan pemanasan, ultrasonik, *Ultrasonic-Assisted Extraction,* dan *Supercritical fluid extraction*. Beberapa kondisi ekstraksi yang menjadi intervensi penelitian dalam artikel terdiri dari waktu ekstraksi, suhu ekstraksi, rasio serbuk-pelarut, dan *various ultrasound powers.* Tabel 1 menyajikan tentang hasil rangkuman dari 11 artikel terpilih.

1. Tinjauan Profil Metabolit
   Kulit buah kopi dilaporkan memiliki berbagai macam kandungan senyawa kimia, seperti karbohidrat, termasuk gula tereduksi, lipid, asam amino, mineral, serat, lignin, selulosa. Kulit buah kopi juga mengandung tanin, kafein, polifenol (asam klorogenat, asam ferulat, asam kafeat, asam galat, asam siringat, asam vanilat, asam p-hidroksibenzoat, dan asam p-kumarat), antosianin (sianidin-3-rutinosida, sianidin-3-glukosida), flavonoid (rutin, kuersetin, luteolin, kuersetin-3β-D-glukosida), terpenoid,
   (Oliveira, 2007; Murthy and Naidu, 2012; Oliveira and Franca, 2015; Ameca, Cerrilla and Córdoba, 2018; Delgado, Arbelaez and Rojano, 2019; Rotta, Curry, Han, Reconco, Spang, Ristenpart and Donis-Gonzalez, 2021; Aurum *et al.*, 2026; Putri *et al.*, 2026).

2. Pektin
   Dari 11 artikel terpilih terdapat 4 artikel yang melakukan ekstraksi pada senyawa pektin. Di bidang farmasi, pektin mempunyai berbagai macam fungsi seperti *gelling agent*, *stabilizer*, polimer, peningkat viskositas. Selain itu, juga dapat digunakan dalam program diet, dan menurunkan kolesterol (Srivastava and Malviya, 2011). Umumnya pada ekstraksi pektin terdapat parameter yang akan ditentukan seperti rendemen pektin, kadar metoksil, kadar asam galaturonat dan derajat esterifikasi. Parameter-parameter tersebut dapat dipengaruhi oleh perlakukan selama proses ekstraksi seperti pemilihan metode ekstraksi, pemilihan pelarut, waktu ekstraksi, suhu ekstraksi, dan rasio serbuk pelarut (Hasanah *et al.*, 2019; Fauzan *et al.*, 2022; Muzaifa *et al.*, 2023).

   Berdasarkan ke-4 artikel, diketahui bahwa pektin di ekstraksi dengan metode rendemen dan perendaman-pemanasan dan menggunakan pelarut yang bersifat asam seperti HNO_3, HCl, asam sitrat dan amonium oksalat, serta etanol 96% untuk proses pengendapan/presipitasinya. Etanol akan mendehidrasi pektin dan menyebabkan stabilitas larutan koloidal, sehingga pektin akan mengendap. Selain itu, juga akan membebaskan pektin dari komponen-komponen lain yang tidak diinginkan.

   Apabila ke-4 artikel dibandingkan, maka penelitian Muzaifa *et al.*, (2023) dapat dinilai sebagai metode dan kondisi ekstraksi yang paling optimal karena tidak hanya menghasilkan rendemen pektin paling tinggi (32,86%), tetapi juga menghasilkan mutu pektin memenuhi sandar International Pectin Producrs Association (IPPA). Penelitian tersebut menggunakan pelarut amonium oksalat dengan optimasi suhu dan waktu ekstraksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi ekstrasi terbaik diperoleh pada suhu 90˚C selama 90 menit dengan metode ekstraksi perendaman. Pada kondisi tersebut rendemen yang dihasilkan merupakan rendemen pektin tertinggi disertai kadar abu, kadar air, kadar metoksil, kadar asam galakturonat, dan derajat esterifikasi yang sesuai dengan standar mutu pektin kering.

Tabel 1. Hasil Rangkuman Artikel

No	Jenis Kopi	Metode Ekstraksi	Pelarut	Intervensi	Parameter Pengamatan	Hasil Penelitian	Referensi
Pektin							
1	Robusta	Maserasi	0,1 M HNO_3 perbandingan 1:25 (w/v), pH 2,5 dilanjutkan pengendapan pektin : etanol 96%	Variasi waktu ekstraksi 30, 60 dan 90 menit	Rendemen pektin, kadar air, berat ekivalen, kadar metoksil, kadar asam galakturonat	Waktu ekstraksi terbaik yakni 60 menit dengan rendemen terbesar (11,9%), kadar air 14%, berat ekivalen 1086 mg, kadar metoksil 3,1% dan kadar asam galakturonat 19,29%. Pektin yang dihasilkan termasuk kategori metoksil rendah.	Brilliantina *et al.*, (2023)
2	Arabika	Perendaman dengan pemanasan	Ammonium oxalate 2,5%. Pengendapan pektin: etanol 96%.	Suhu ekstraksi (80 dan 90°C), waktu 90 dan 120 menit.	Rendemen pektin, kelembaban, kadar bau, kadar metoksil, kadar asam galaturonat, derajat esterifikasi	Rendemen tertinggi pada suhu 90˚C dan waktu 90 menit. Pektin yang dihasilkan mempunyai warna coklat muda dan kadar metoksil rendah	Muzaifa *et al.*, (2023)
3	Robusta	Perendaman dengan pemanasan	HCl (1 M) dan etanol bersifat asam. Pengendapan pektin : etanol 96%	Inkubasi dengan *waterbath* selama 4 jam pada suhu 85° C	Rendemen pektin	Pektin yang diperoleh berwarna coklat tua (berasal dari warna kulit kopi).	Azzahra *et al.*, (2024)
4	Arabika	Perendaman dengan suhu 85° C	Asam sitrat Presipitasi: etanol 96%	Konsentrasi asam sitrat (w / v) (1: 5, 1:10, 1:15, 1:20) dan lama ekstraksi 75, 100, 125, 150 menit	Rendemen pektin, kadar metoksil	Rendemen pektin dan kadar metoksil dipengaruhi oleh rasio pelarut dan waktu ekstraksi, dengan rasio terbaik 1:20 dan waktu ekstraksi 125 menit.	Hasanah *et al.*, (2019)
Selulosa							
5	Tidak dicantumkan (kulit buah kopi diperoleh dari Industri Kopi)	Ultrasonik	Akuades; 10% *sodium hydroxide solution*; 10% *hydrochloric acid*	Rasio : 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 dan 1:14; Waktu perendaman (sonifikasi) : 5, 10, 15, 20 dan 25 menit; Suhu : 60°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C; Waktu perendaman 10% *sodium hydroxide* 30, 50, 70, 90, dan 120 menit; Waktu perendaman reekstrasi 15, 25, 35, 45 dan 60 menit	Rendemen selulosa	Kondisi optimum terbaik untuk ektraksi kulit buah kopi : rasio *solid solvent* (1:14), waktu ekstraksi dengan ultrasonik 25 menit, suhu ekstraksi 100 °C, dan waktu ekstraksi 110 menit	Kuang *et al.*, (2025)
Monosakarida, polisakarida, dan inhibitor aktivitas α-amilase							
6	Robusta	Perendaman dengan suhu 90 ◦C untuk 60 menit	Akuades perbadingan 1:40 Persipitasi : anhydrous ethanol	*Various ultrasound powers* : 100, 200, 300, 400, and 500 W	Ukuran partikel, penentuan komposisi monosakarida, inhibitor aktivitas α amilase, dan aktivitas antioksidan	Variasi intensitas daya ultrasonik (100–500 W) terhadap distribusi ukuran partikel, komposisi monosakarida, karakterisasi struktural, sifat fisikokimia, dan karakteristik fungsional yang diekstraksi dengan metode presipitasi alkohol ultrasonik diinvestigasi menggunakan *multiscale methods*.	Yu *et al.*, (2025)
Fenol, Flavonoid, Kafein, Asam Kafeat, Asam Klorogenat, dan Aktivitas Antioksidan							
7	Arabika	*Ultrasonic-Assisted Extraction*	Etanol 70% pada suhu 30ºC dan frekuensi 40kHz	Waktu ekstraksi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit	Rendemen ekstrak, kadar fenol total, kadar flavonoid total dan aktivitas antioksidan	Lama waktu ekstraksi berpengaruh terhadap *yield*, fenolik total, flavonoid total, dan aktivitas antioksidan. Ekstraksi cascara selama 30 menit menghasilkan aktivitas antioksidan yang kuat.	Kunarto *et al.*, (2024)
8	Arabika	Perendaman dengan pengadukan	*aqueous solution of DES solvent* (kolin klorida dan gliserol)	Waktu : 5, 10, 20, 40, 80, dan 120 menit.	Rendemen kafein, aktivitas antioksidan	Kondisi ekstraksi optimal yaitu rasio pelarut terhadap padatan 47 mL/g, suhu 55 °C, dan konsentrasi DES 70% b/v, diperoleh rendemen kafein sebesar 4,93 mg/g dan	Loukri *et al.*, (2022)

		(600 rpm) dan pengaturan suhu dilanjutkan ekstraksi cair cair (diklormetan)				aktivitas antioksidan ekstrak 82 µmol TRE/g.	
9	Varietas : Bourbon, Catimor, and Caturra	Perendaman dan *Supercritical fluid extraction*	Perendaman : air panas dan etanol *Supercritical fluid extraction* : variasi rasio kosolven (etanol) dengan CO_2, specifically at 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, and 50 %	Perbedaan metode ekstraksi	Rendemen, total fenol, total flavonoid, antioksidan metode DPPH dan FRAP, kadar polisakarida. Ektrak hasil SFE paling optimal : sitotoksik, antiinflamasi, antiapoptosis	Metode ekstraksi *supercritical fluid extraction* dengan kosolven yang optimal adalah 50 % etanol/ CO_2, menghasilkan ekstrak dengan kadar senyawa fenolik dan flavonoid total yang baik (meningkat dibandingkan dengan variasi lain), serta sifat antioksidan kuat yang diukur melalui uji DPPH dan FRAP.	Thai *et al*., (2024)
10	Arabika	Perendaman dengan sonifikasi (*Ultrasonic-Assisted Extraction*)	Ekstrak kasar : EtOH 75% Purifikasi : EtOH dan $(NH_4)_2SO_4$ *solution (salt solution)*	Rasio serbuk : pelarut : 1:5, 1:10, 1:15 and 1:20 dengan dengan variasi waku (10-70 menit) Purifikasi : EtOH (60–100%) dengan larutan $(NH_4)_2SO_4$ (1–40%) dengan variasi rasio	Kadar total fenol, asam kafeat, asam klorogenat, dan aktivitas antioksidan	Sistem dua fase berair yang terdiri dari etanol dan $(NH_4)_2SO_4$ digunakan untuk memurnikan polifenol yang diekstrak dari ampas kopi. Meskipun kondisi ATPS yang diteliti tidak berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan kandungan senyawa fenolik, seperti asam klorogenat dan asam kafeat, dalam ekstrak kopi, aktivitas antioksidan ekstrak meningkat pesat hingga 34% setelah proses purifikasi	Le *et al*., (2023)
11	Tidak tercantum	Serbuk kulit buah kopi dimaserasi dengan N heksan (menarik senyawa karatonid, lemak, dan senyawa lipofilik). Ekstraksi dengan 1:40 dengan *magnetic stirrer* 350 rpm.	Etanol dan air	Pure water dan campuran etanol-air (25:75, 50:50, 75:25) Suhu pada magnetic stirrer : 30, 40, 50, 60, 70°C. Waktu esktraksi : 20, 40, 60, 90 dan 120 menit.	Kadar fenol total, aktivitas antioksidan	Etanol-air 50:50 merupakan pelarut yang paling optimal untuk ektraksi fenol. Suhu dan waktu ektraksi yang paling optimum untuk mengekstraksi fenol dan aktivitas antioksidan adalah 60°C dan 60 menit.	Kusumocahyo *et al*., (2019)

Tabel 2. Prinsip kerja, kelebihan dan kelemahan metode ekstraksi

Metode ekstraksi	Prinsip kerja	Faktor yang berpengaruh	Kelebihan	Kekurangan	Referensi
Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) (sonikasi)	Melibatkan perambatan gelombang ultrasonic (> 20 kHz) yang akan melewati medium (pelarut), sehingga dapat menghancurkan dinding sel dan mempercepat proses difusi senyawa aktif	Suhu, power, intensitas, frekuensi, dan siklus kerja ultrasonic, waktu ekstraksi, efisiensi tranduser, serta geometri reaktor	Meningkatkan hasil yield, mempersingkat proses ekstraksi, optimalisasi penggunaan pelarut, mudah dan sederhana dalam pelaksanaannya	Biaya tinggi karena membutuhkan peralatan khusus, degradasi senyawa jika power, suhu, frekuensi, dan waktu ultrasonic tidak optimal	(Handaratri and Yuniati, 2019; Carreira-Casais *et al.*, 2021; Shen *et al.*, 2023)
Perendaman dengan pengadukan dan suhu	Dengan proses perendaman akan terjadi pemecahan dinding dan mebran sel, yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antara di dalam dena di luar sel, sehingga senyawa yang terdapat di dalam sitoplasma akan terlarut ke pelarut. Kecepatan proses tersebut dibantu oleh suhu pengadukan	Suhu, temperatur, rasio antara serbuk dengan pelarut	Peningkatan suhu membantu menurunkan viskositas pelarut, sehingga dapat meningkatkan difusivitasnya dan laju ekstraksi juga meningkat. Pengadukan dapat meningkatkan difusi transfer material dari permukaan partikel ke bulk larutan	Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya degradasi senyawa aktif, sehingga dapat menurunkan rendemen atau kadar senyawa aktif. Peningkatan biaya karena penggunaan suhu dan alat pengaduk membutuhkan energi	(Fakhruzy *et al.*, 2020; Loukri *et al.*, 2022; Dewi *et al.*, 2024)
Supercritical Fluid Extraction (SFE)	Proses pemisahan satu komponen (ekstraktan) dari komponen lainnya (matriks) menggunakan fluida superkritis sebagai pelarut ekstraksi, misalnya CO_2	suhu, tekanan, waktu ekstraksi, laju aliran, penambahan kosolvent (jenis pelarut dan jumlah)	lebih efisien karena waktu ekstraksi lebih pendek, tidak beracun, ramah lingkungan, kemurnian dan kelarutan yang lebih tinggi, dan biaya ekstraksi pelarut lebih rendah karena sistem dalam ekstraksi fluida superkritis, pelarutnya dapat di daur ulang (*recycle*) dan mengurangi masalah yang terkait dengan degradasi termal senyawa secara signifikan	Pengembangan metode dalam SFE tidak begitu sederhana karena beberapa parameter harus dioptimalkan, seperti suhu, tekanan, waktu ekstraksi, laju aliran, penambahan kosolvent (jenis pelarut dan jumlah) dan mode pengumpulan (misalnya dalam pelarut, dalam bejana kosong atau pada perangkap fase padat), ekstraksi komponen polar sangat dibatasi oleh kekuatan pelarut misalnya CO_2	(Sapkale *et al.*, 2010; Sondari and Puspitasari, 2017; Rinawati, Pangesti and Juliasih, 2020)
Purifikasi	Menghilangkan/menarik senyawa yang tidak dibutuhkan, sehingga kadar senyawa aktif dan aktivitasnya dapat meningkat	Pelarut yang digunakan dalam proses purifikasi	Kadar senyawa aktif dan aktivitasnya dapat meningkat	Proses purifikasi membutuhkan waktu tersendiri, biaya lebih untuk pelarut purifikasi	(Purwanto, Susanti and Sugihartini, 2021)

Amonium oksalat mampu mempertahankan struktur pektin. Anion oksalat memiliki afinitas tinggi terhadap kalsium dan menghasilkan kompleks kalsium oksalat tidak larut yang secara efisien memecah struktur protopektin (Pattarapisitporn and Noma, 2025). Penggunaan amonium oksalat tersebut sejalan dengan penelitian ekstraksi pektin pada bunga matahari, kulit orange, dan akar chicory yang dilakukan oleh Kar and Arslan, (1999), Zhang *et al.*, (2020), dan Ma *et al.*, (2021). Proses pemanasan pada ekstraksi pektin dapat mempercepat proses hidrolisis senyawa protopektin menjadi pektin. Hal terjadi diakibatkan oleh ion H^+ yang dihasilkan oleh senyawa asam yang memutus ikatan pada protopektin dengan komponen lain yang ada di dinding sel. Namun, proses hidrolisis yang terlalu lama dapat menyebabkan perubahan pektin menjadi asam pektat (Ristianingsih *et al.*, 2014). Pemanasan pada suhu tinggi akan meningkatkan permeabilitas membran, sehingga memudahkan difusi molekul pelarut ke dalam sel untuk menghidrolisis pektin yang terdapat pada dinding sel (Santos *et al.*, 2020; Brilliantina *et al.*, 2023; Muzaifa *et al.*, 2023; Pattarapisitporn and Noma, 2025).

Pektin yang diekstraksi dari kulit buah kopi menghasilkan warna coklat tua dengan kadar metoksil yang rendah. Warna coklat yang dihasilkan karena berasal dari kulit buah kopi yang juga berwarna coklat (Brilliantina *et al.*, 2023; Azzahra *et al.*, 2025). Penentuan kadar metoksil dan asam galakturonat merupakan bagian dari pengawasan kualitas mutu pektin guna memenuhi standar mutu pektin oleh IPPA. Standar mutu pektin terdiri dari kadar metoksil tinggi (>7,12%), kadar metoksil rendah (2,5 – 7,12%), dan kadar asam galaturonat (Min 35%). Kadar metoksil merupakan jumlah metanol yang dikandung pada pektin yang dapat menentukan sifat fungsional larutanpektin dan mempengaruhi struktur dan tekstur dari gel pektin yang terbentuk (Arimpi and Pandia, 2019). Kadar metoksil akan menentukan karakteristik gel (pembentukan gel dan konsistensinya) dari pektin tersebut. Pektin dengan kadar metoksil rendah tidak dapat membentuk gel dengan kehadiran gula dan asam, namun tetap dapat membentuk gel ketika ada kation polivalen, contohnya kalsium. Sedangkan, pektin kadar metoksil tinggi tetap mampu membentuk gel dengan penambahan gula dan asam (Kesuma, Widarta and Permana, 2018).

Asam galakturonat, komponen utama pektin, adalah kerangka dasar senyawa pektin yang dapat menggambarkan kemurnian pektin. Semakin tinggi kadar asam galakturonat maka akan semakin tinggi kualitas pektin yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi kadar metoksil dan kadar asam galakturonat dalam pektin adalah waktu ekstraksi, suhu ekstraksi (Brilliantina *et al.*, 2023; Muzaifa *et al.*, 2023). Namun, suhu yang terlalu tinggi dengan waktu ekstraksi yang lama, dapat menyebabkan kadar asam galakturonat menjadi lebih rendah, karena terjadi depolimerisasi (Muzaifa *et al.*, 2023).

Derajat esterifikasi didefinisikan sebagai perbandingan kandungan metoksil dan galakturonat, yang dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok ester tinggi/pektin metoksil tinggi (minimal 50%) dan kelompok ester rendah/pektin metoksil rendah (maksimal 50%). Derajat esterifikasi dapat menetukan persentase D-galakturonat yang gugus karboksilnya mengalami proses esteriikasi etanol. Derajat esterifikasi yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan gel yang baik (Susanti *et al.*, 2021; Muzaifa *et al.*, 2023). Kemurnian pektin juga berhubungan dengan kadar abunya. Semakin rendah kadar abu, maka residu mineral (kalsium, magnesium) yang terdapat dalam pektin juga semakin rendah (Muzaifa *et al.*, 2023). Selain itu, lama penyimpanan setelah proses pemanenan kopi dapat berpengaruh terhadap rendemen dan komposisi pektin. Selama penyimpanan, pektin dapat terdegradasi melalui depolimerisasi dan deeserifikasi yang mungkin disebabkan oleh aktivitas enzimatik dan perubahan struktur kimia dalam pektin (Fishman *et al.*, 2019).

3. Selulosa

Selulosa adalah bagian penyusun pada dinding sel tumbuhan, termasuk kulit kopi. Kulit kopi mengandung lebih dari 64% selulosa (Asmoro, Afriyanti and Ismawati, 2018; Kuang *et al.*, 2025). Berbagai macam fungsi selulosa telah dilaporkan diantaranya untuk bidang pangan, pengobatan dan kosmetik (Kuang *et al.*, 2025). Selain itu, di bidang farmasi, selulosa berfungsi sebagai bahan baku

dalam pembuatan selulosa mikrokristal (Rum, Lestari and Santoso, 2018) dan bahan baku dalam pembuatan senyawa turuan selulosa seperti metil selulosa (Nurjannah, Sudiarti and Rahmidar, 2020) dan selulosa asetat (Alvianto *et al.*, 2022).

Dari 11 artikel yang telah ditelusur, terdapat 1 artikel yang mengekstraksi selulosa dari kulit buah kopi. Kuang *et al.*, (2025) melakukan ekstraksi selulosa dari kulit buah kopi dengan metode ultrasonik, pelarut akuades dan reekstraksi dengan NaOH 10%. Selama proses tersebut, terdapat 4 parameter kritis ekstraksi yang digunakan, yaitu rasio serbuk dengan pelarut, waktu perlakukan ultrasonik, waktu reekstraksi. dan suhu selama ekstraksi. Kondisi ekstraksi selulosa paling optimum untuk kulit buah kopi sesuai dengan *Surface Response Design* adalah rasio serbuk-pelarut 1:14, waktu ekstraksi 25 menit, suhu esktraksi 100˚C, dan waktu reekstraksi selama 110 menit. Penggunaan NaOH bertujuan untuk delignifikasi, sehingga dapat menghasilkan selulosa yang murni. Pemilihan 10% telah sesuai dengan hasil penelitian Ritonga *et al.*, (2023), yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH (20% dan 30%) akan mengakibatkan penurunan *yield* selulosa yang dihasilkan.

4. Polisakarida dan inhibitor aktivitas enzim α-amilase

Polisakarida dilaporkan termasuk kedalam salah satu senyawa yang terkandung didalam kulit buah kopi. Polisakarida berkontribusi dalam aktivitas antioksidan, prebiotik, antikanker, memodulasi sistem imun, dan inhibitor aktivitas enzim (Iriondo-DeHond, Iriondo-DeHond and Castillo, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Thai *et al.*, (2024), metode SFE menggunakan 50% etanol sebagai *co-solvent* dengan CO_2 superkritis merupakan kondisi ekstraksi yang paling optimal untuk memperoleh senyawa bioaktif dari kulit buah kopi. Pada kondisi tersebut diperoleh kadar polisakarida tertinggi sebesar 4,17 mg/g ekstrak, disertai dengan aktivitas antioksidan terbaik. Selain itu, kondisi optimum SFE pada suhu 60˚C, tekanan 300 bar, dan waktu ekstraksi 60 menit juga menghasilkan rendemen ekstrak tertinggi. Metode SFE menggunakan CO_2 telah dilaporkan lebih efektif bila dikombinasikan dengan pelarut lain seperti etanol dan metanol untuk proses ekstraksi bioaktif pada bahan (Cadena-Carrera *et al.*, 2019). Selain itu, metode ini dikenal dengan teknik ekstraksi yang ramah lingkungan, efisien, dan kemampuannya dalam mengoptimalkan parameter untuk *enhanced extraction* atau penargetan senyawa tertentu (Tzima *et al.*, 2023).

Soluble dietary fiber (SDF) merupakan suatu polisakarida dengan berbagai macam efek biologis, seperti hipolipidemik, hipoglikemik, antioksidan dan imunomodulator. Efek tersebut berkaitan erat dengan komposisi monosakaridanya (Ibrahim *et al.*, 2024). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yu *et al.*, (2025) menyatakan bahwa SDF yang terkandung didalam kulit buah kopi sangat bervariasi dengan komponen utama monosakaridanya berupa asam galakturonat. Kandungan lainnya adalah fukosa, ramnosa, arabinosa, galaktosa, glukosa, xilosa, fruktosa, ribosa, dan asam glukuronat.

Menurut hasil penelitian Yu *et al.*, (2025), ekstraksi menggunakan metode UAE dengan variasi daya ultrasonik 100-500 W memberikan pengaruh nyata terhadap komposisi monosakarida penyusun polisakarida yang diekstraksi dari kulit buah kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan daya ultrasonik menjadi faktor penting dalam optimasi proses ekstraksi, karena tidak hanya menentukan efisiensi pelepasan polisakarida dari matriks kulit buah kopi, tetapi juga memengaruhi kualitas dan bioaktivitas polisakarida yang dihasilkan. Dengan demikian, penggunaan daya ultrasonik yang lebih rendah (100 W) dinilai lebih menguntungkan untuk mempertahankan komposisi monosakarida yang optimal sehingga menghasilkan polisakarida dengan aktivitas fungsionl dan potensi antioksidan yang lebih baik.

Selain berkaitan dengan antioksidan, SDF juga berkaitan dengan penghambatan interaksi antara amilum dengan enzim α-amilase, mengurangi laju konversi karbohidrat menjadi glukosa, menghambat proses pencernaan karbohidrat, sehingg akan mampu menurunkan kadar glukosa darah setelah makan dan dpat digunakan sebagai alternatif hipoglikemik (Xie *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yu et al. (2025), perlakukan dengan variasi data ultrasonik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas inhibisi enzim α-amilase dari polisakarida yang diekstraksi dari kulit buah kopi. Kemampuan inhibisi α-amilase menurun secara signifikan setelah proses ultrasonikasi, dengan

aktivitas inhibisi terendah diperoleh pada daya ultrasonik 300 W. Optamasi daya ultrasonik tidak hanya penting untuk meningkatkan rendemen ekstraksi, tetapi juga harus mempertimbangkan struktur molekul polisakarida agar aktiivtas biologisnya tetap optimal. Dengan demikian, pemilihan kondisi ultrasonikasi yang tepar menjadi faktor krusial dalam pengembangan polisakarida kulit buah kopi sebagai bahan bioaktif yang memiliki potensi antidiabetes melalui mekanis penghambatan enzim α-amilase.

5. Fenol total, asam kafeat, dan asam klorogenat

Berdasarkan hasil perbandingan dari 4 artikel yang melakukan analisis kadar fenol, penelitian Kusumocahyo *et al.*, (2019) menghasilkan kadar fenol total tertinggi, yaitu 434,63 ± 25,40 mg GAE/g bobot kering, dengan metode perendaman disertai pengadukan dan kondisi ekstraksi menggunakan pelarut etanol 50%, suhu 50˚C, dan waktu ekstraksi 60 menit. Kondisi tersebut diperoleh melalui optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM), sehingga mampu menentukan kombinasi parameter ekstraksi yang memberikan efisiensi pelepasan senyawa fenol paling tinggi dari matriks kulit buah kopi.

Keberhasilan metode tersebut dipengaruhi oleh penggunaan etanol 50%, yang memiliki polaritas optimum untuk melarutkan senyawa fenol. Campuran etanol dan air mampu meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam jaringan tanaman, mempercepat perpindahan massa, dan meningkatkan kelaruan polifenol seperti asam kareat dan asam klorogenat, serta senyawa fenol lainnya. Selain itu, suhu ekstraksi 50˚C cukup tinggi untuk meningkatkan difusi senyawa aktif tanpa menyebabkan degradasi termail yang berarti, sedangkan waktu ekstraksi 60 menit memungkinkn tercapainya keseimbangan antara pelepasan senyawa fenol dan stabilitasnya. Meskipun begitu, nilai kadar fenol tersebut tidak sepenuhnya dapat dibandingkan secara kuantitatif tanpa dilakukan normalisasi terhadap basis pengukuran, karena masing-masing penelitian menggunakan satuan yang berbeda (mg GAE/g ekstrak, mg GAE/g bobot kering, dan mg GAE/L).

Asam kafeat dan asam klorogenat termasuk ke dalam senyawa polifenol dan berdasarkan artikel yang secara khusus menentukan kadar asam kafeat dan asam klorogenat dilakukan oleh Le *et al.*, (2023). Penelitian tersebut tidak secara langsung mengoptimasi kadar asam kafeat dan asam klorogenat selama ekstraksi, tetapi menggunakan kondisi ekstraksi terbaik terlebih dahulu, kemudian melakukan purifikasi ekstrak menggunakan *Aqueous Two-Phase System* (ATPS) berbasis etanol-amonium sulfat. Pada tahap ekstraksi digunakan metode UAE dengan pelarut etanol 75%, rasio bahan: pelarut 1:5, suhu 30˚C, frekuensi untrasonik 40kHz, dan waktu ekstraksi 10 menit. Berdasarkan penelitian, rasio bahan:pelarut 1:5 menghasilkan total fenolik dan aktivitas antioksidan tertinggi. Perpanjangan waktu ekstraksi sampai 70 menit tidak memberikan pengingkatan yang bermakna karena sebagain besar polifenol telah terekstraksi dalam 10 menit dengan bantuan ultrasonik.

Sistem ATPS yang menghasilkan kadar asam kafeat dan asam klorogenat tertinggi adalah ATPS-A (26% etanol dan 8% amonium sulfat). Fenol terutama terdistribusi pada fase kaya etanol, sedangkan sebagaian besar pengotor berpindah ke fase garam. Berdasarkan penentuan kadar asam kafeat dan asam klorogenat dengan kondisi purifikasi optimal sebesar 233,13±24,80 mmol/L dan 149,63 ± 12,78 mmol/L. Sistem ATPS mampu memisahkan senaywa polifenol dari lignin, karbohidrat, dan pengotor lainnya. Pada komposisi 26% etanol dan 18% amoniumsulfat, senyawa fenolik lebih banyak terpartisi ke fase etanol sehingga konsenstrasi asam klorogenat dan asam kadeat meningkat. Selain itu, aktivitas antioksidan ekstrak setelah pemurnian meningkatkan sekitar 34% dibandingkan ekstrak kasar, meskipun peningkatan kadar kedua asam fenolat tersebut tidak berbeda nyata secara statistik.

6. Flavonoid

Terdapat 2 artikel yang secara khusus menentukan kadar falvonoid dalam kulit buah kopi, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Thai *et al.*, (2024) dan Kunarto, Sani and Larasati, (2024). Thai *et al.*, (2024) melaporkan kadar flavonoid total teringgi sebesar 45,00 mg QE/g ekstrak, yang diperoleh dengan metode SFE-CO_2 superkritis dan etanol 50% sebagai *co-solvent.* Setelah dilakukan optimasi menggunakan metode Taguchi, kondisi optimum ditetapkan pada suhu 60˚C, tekanan 300 bar, dan

waktu ekstraksi 60 menit. Kombinasi CO_2 superkritis dengan etanol dapat meningkatkan kemampuan sistem ekstraksi dalam melarutkan senyawa flavonoid yang memiliki polaritas sedang. CO_2 superkritis memiliki difusivitas tinggi dan viskositas rendah sehingga mampu menembus matriks jaringan kulit buah kopi secara efekif, sedangkan etanol berperan meningkatkan polaritas pelarut sehingga flavonoid dapat tereksraksi dalam jumlah yang lebih besar.

Sebaliknya, penelitian Kunarto, Sani and Larasati, (2024) menggunakan UAE menghasilkan kadar flavonoid total sebesar 4,73 mg QE/g ekstrak, dengan kondisi optimum berupa pelarut etanol 70%, suhu 30˚C, dan waktu ekstraksi 30 menit. Mekanisme kavitasi yang dihasilkan oleh gelombang untrasonik mampu meningkatkan permeabilitas dinding sel dan mempercepat pelepasan senyawa bioaktif. Namun, dibandingkan dengan metode SFE, kemampuan UAE dalam mengekstraksi flavonoid dari kulit buah kopi masih lebih rendah, kemungkinan karena keterbatasan penetrasi pelarut ke dalam matriks bahan dan potensi degradasi sebagaian senyawa flavonoid selama proses untrasonikasi yang berkepanjangan.

Dengan demikian, dibandingkan metode UAE, metode SFE dengan CO_2 superkritis dan etanol 50% lebih efektif dalam mengekstraksi flavonoid dari kulit buah kopi. Keunggulan tersebut didukung oleh kemampuan CO_2 superkritis untuk menembus matriks bahan secara efisien, sedangkan etanol meningkatkan kelaruan senyawa flavonoid, sehingga menghasilkan perolehan flavonoid yang jauh lebih tinggi serta aktiviats antioksidan yang lebih baik.

7. Kafein

Dari 11 artikel yang diulas, terdapat 1 artikel yang menentukan kadar kafein yaitu hasil penelitian yang laporkan oleh Loukri *et al.*, (2022). Metode ekstraksi yang digunakan berupa *solid-liquid extraction,* pelarut *Deep Eutectic Solvent* (DES) dengan komposisi *choline chloride:glycerol* dan konsentrasi 70% dalam larutan air, rasio pelarut 47 mL/g, suhu ekstraksi 55˚C, waktu ekstraksi 120 menit, serta pengadukan 600 rpm. Pada kondisi tersebut diperoleh kadar kafein sebesar 4,93 mg/g berat kering *coffee pulp* dan merupakan kadar tertinggi dibandingkan pelarut lain, yaitu larutan β-*cyclodextrin* dan air yang masing-masing menghasilkan kadar kafein sebesar 4,71 dan 4,40 mg/g berat kering *coffee pulp*. Penggunaan *choline chloride:glycerol* menghasilkan interaksi hidrogen yang kuat antara pelarut tersebut dengan kafein, sehingga menignkatkan kelarutan kafein. Penambahan air pada konsenstrasi DES 70% mampu menurunkan viskositas pelarut sehingga difusi pelarut ke dalam jaringan *coffee pulp* menjadi lebih cepat. Rasio pelarut yang tinggi (47 mL/g) mampu mempertahankan gradien konsentrasi sehingga proses ekstraksi berlangsung lebih efisien dan bantuan pengadukan dengan 600 rpm, dapat meningkatkan kontak antara pelarut dan matriks *coffee pulp* sehingga pelepasan kafein menjadi lebih optimal.

Setiap metode ekstraksi dan pelarut akan mempengaruhi kandungan senyawa aktif yang tersari dan tentu saja akan berpengaruh pada aktivitasnya, seperti antioksidan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menyesuaikan metode ekstraksi dan pelarut dengan kandungan senyawa aktif yang akan diekstraksi. Setiap metode ekstraksi mempunyai prinsip kerja, kelebihan dan kekurangannya masing-masing yang dapat dijadikan juga sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode ekstraksi yang akan digunakan (Rangkuman tersaji pada Tabel 2). Tetapi tidak hanya metode ekstraksi dan pelarut yang akan berpengaruh terhadap kadar/kandungan senyawa aktif dan aktivitasnya, faktor lainnya adalah jenis kopi (Putri *et al.*, 2024), jenis bagian tanaman yang digunakan (Putri and Dellima, 2023), tempat budidaya/tumbuh (Putri and Dellima, 2022b), tingkat kemantangan saat dipanen (Srikandi, Kristanti and Sutamihardja, 2019), dan proses penyangraian (Putri and Dellima, 2022a; Putri *et al.*, 2023; Setianingsih, Sari and Putri, 2023).

Kesimpulan

Pemilihan metode dan kondisi ekstraksi kulit buah kopi dipengaruhi oleh senyawa aktif yang akan diekstraksi. Kondisi ekstrasi terbaik untuk ekstraksi pektin dilakukan pada suhu 90˚C selama 90 menit

dengan metode ekstraksi perendaman. Ekstraksi selulosa dari kulit buah kopi dengan metode ultrasonik, pelarut akuades dan reekstraksi dengan NaOH 10% dengan kondisi ekstraksi paling optimum dengan rasio serbuk-pelarut 1:14, waktu ekstraksi 25 menit, suhu esktraksi 100˚C, dan waktu reekstraksi selama 110 menit. Metode SFE menggunakan 50% etanol sebagai *co-solvent* dan CO_2 superkritis merupakan kondisi ekstraksi untuk polisakarida yang paling optimal. Selain itu, kondisi optimum SFE pada suhu 60˚C, tekanan 300 bar, dan waktu ekstraksi 60 menit juga menghasilkan rendemen ekstrak tertinggi. Ekstraksi SDF dipilih metode UAE dengan variasi daya ultrasonik 100 W.

Kadar fenol tertinggi diperoleh melalui metode perendaman disertai pengadukan dan kondisi ekstraksi menggunakan pelarut etanol 50%, suhu 50˚C, dan waktu ekstraksi 60 menit. Asam kafeat dan asam klorogenat diekstraksi melalui metode UAE dengan pelarut etanol 75%, rasio bahan: pelarut 1:5, suhu 30˚C, frekuensi untrasonik 40kHz, dan waktu ekstraksi 10 menit. Kemudian dilanjutkan tahap purifikasi dengan ATPS-A. Metode SFE dengan CO_2 superkritis dan etanol 50% dengan kondisi optimum ditetapkan pada suhu 60˚C, tekanan 300 bar, dan waktu ekstraksi 60 menit lebih efektif dalam mengekstraksi flavonoid dari kulit buah kopi. Metode ekstraksi yang digunakan berupa *solid-liquid extraction,* pelarut *Deep Eutectic Solvent* (DES) dengan komposisi *choline chloride:glycerol* dan konsentrasi 70% dalam larutan air, rasio pelarut 47 mL/g, suhu ekstraksi 55˚C, waktu ekstraksi 120 menit, serta pengadukan 600 rpm merupakan metode dan kondisi ekstraksi terbaik untuk ekstraksi kafein.

Referensi

Alvianto, D. *et al.* (2022) "Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Penambahan Antibiofouling Alami Ekstrak Bawang Putih," *Alchemy : Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), pp. 193–204. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.20961/alchemy.18.2.57199.193-204.

Ameca, G.M., Cerrilla, M.E.O. and Córdoba, P.Z. (2018) "Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Coffee Pulp," *Ciência e Agrotecnologia*, 42(3), pp. 307–313.

Arimpi, A. and Pandia, S. (2019) "Pembuatan Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (Citrus sinensis) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik Menggunakan Pelarut Asam Sulfat (H2SO4)," *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(18–24). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jtk.v8i1.1602.

Asmoro, N.., Afriyanti, A. and Ismawati, I. (2018) "Rendemen Selulosa Hasil Ekstraksi Batang Tanaman Jagung (Zea mays) Menggunakan Variasi Lama Blancing dan Konsenstrasi NaOH," *Pro Food : Jurnal Ilmu dan eknologi Pangan*, 4(283–288). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.29303/profood.v4i1.76.

Aurum, F.S. *et al.* (2026) "Sustainable Repurposing of Coffee By - Products : A Systematic Review of Bioactive Potential and Safety Risks," *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 6(2), pp. 814–838. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.359.

Azzahra, R.L. *et al.* (2024) "Preparation and Extraction of Pectin from Robusta Coffee (Coffea canephora) Peel Waste as a Sustainable Agriculture Biomass," *BIO Web of Confeferences*, 165(09001).

Azzahra, R.L. *et al.* (2025) "Preparation and Extraction of Pectin from Robusta Coffee (Coffea canephora) Peel Waste as a Sustainable Agriculture Biomass," *BIO Web of Confeferences*, 165(2025), p. 09001. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1051/bioconf/202516509001.

Brilliantina, A. *et al.* (2023) "Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Karaktersik Pektin Limbah Kuli Kopi Robusta (Coffea canephora)," *Radikula : Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(276–86). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.70609/radikula.v2i2.3655.

Cadena-Carrera, S. *et al.* (2019) "Biological Activity of Extracts from Guayusa Leaves (Ilex guayusa Loes.) Obtained by Supercritical CO2 and Ethanol as Cosolvent," *The Journal of Supercritical Fluids*, 152(104543). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104543.

Carreira-Casais, A. *et al.* (2021) "Benefits and Drawbacks of Ultrasound-Assisted Extraction for the Recovery of Bioactive Compounds from Marine Algae," *Int J Environ Res Public Health*, 18(17), p. 9153. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18179153.

Delgado, S.R., Arbelaez, A.F.A. and Rojano, B. (2019) "Antioxidant Capacity, Bioactive Compounds in Coffee Pulp and Implementation in The Production of Infusions," *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*, 18(3), pp. 235–248.

Dewi, L.K. *et al.* (2024) "Pengaruh Suhu Ekstraksi dan Kecepatan Pengadukan terhadap Karakteristik Crude Ekstrak Stevia," *Jurnal Teknik Kimia USU*, 13(2), pp. 71–79.

Fakhruzy *et al.* (2020) "Review: Optimalisasi Metode Maserasi Untuk Ekstraksi Tanin Rendemen Tinggi," *MENARA Ilmu*, XIV(2), pp. 38–41.

Fauzan, A. *et al.* (2022) "Karakteristik Kadar Metoksil dan Kadar Asam Galakturonat pada Ekstrak Pektin dari Kulit Jeruk Manis Pacitan pada Suhu 90°C," *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 825–829.

Fishman, M.L. *et al.* (2019) "Effect of Long Term Cold Storage and Microwave Extraction Time on The Physical and Chemical Properties of Citrus Pectin," *Food Hydrocolloids*, 92(July 2019), p. Food Hydrocoll. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.047.

Haerani, A., Chaerunisa, A.Y. and Subarnas, A. (2018) "Artikel Tinjauan : Antioksidan untuk Kulit," *Farmaka*, 16(2), pp. 135–151.

Handaratri, A. and Yuniati, Y. (2019) "Kajian Ekstraksi Antosianin dari Buah Murbei dengan Metode Sonikasi dan Microwave," *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(1), pp. 63–67. Available at: https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1162.

Hasanah, U. *et al.* (2019) "Isolation of Pectin from Coffee Pulp Arabica Gayo for The Development of Matrices Membrane," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 523(012014). Available at: https://doi.org/10.1088/1757-899X/523/1/012014.

Ibrahim, M.S. *et al.* (2024) "Optimization of Ultrasound Assisted Extraction and Characterization of Functional Properties of Dietary Fiber from Oat Cultivar S2000," *LWT - Food Sci. Technol*, 115875. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115875.

Ibroham, M.H., Jamilatun, S. and Kumalasari, I.D. (2022) "A Review: Potensi Tumbuhan-Tumbuhan di Indonesia sebagai Antioksidan Alami," *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 028, pp. 1–13. Available at: http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit.

Iriondo-DeHond, A., Iriondo-DeHond, M. and Castillo, M.D. del (2020) "Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products," *Biomolecules*, 10(9), p. 1219. Available at: https://doi.org/10.3390/biom10091219.

Kar, F. and Arslan, N. (1999) "Effect of Temperature and Concentration on Viscosity of Orange Peel Pectin Solutions and Intrinsic Viscosity– Molecular Weight Relationship," *Carbohydr. Polym*, 40, pp. 277–284.

Kesuma, N.K.Y., Widarta, I.W.R. and Permana, I.D.G.M. (2018) "Pengaruh Jenis Asam dan pH Pelarut terhadap Karakteristik Pektin dari Kulit Lemon (Citrus limon)," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 8(4), pp. 192–203. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.

Kuang, Y. *et al.* (2025) "Optimization of Coffee Peel Cellulose Extraction Conditions Using Response Surface Methodology," *Journal of Natural Fibers*, 22(1), p. 2502648. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.080/15440478.2025.2502648.

Kunarto, B., Sani, E.Y. and Larasati, D. (2024) "Ekstraksi Antioksidan Cascara Arabica Menggunakan Metoda Ultrasonic-Assisted Extraction," *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 5(1), pp. 1–7. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.20884/1.jaber.2024.5.1.10114.

Kusumocahyo, S.P. *et al.* (2019) "Optimization of The Extraction Process of Coffee Pulp As A Source of Antioxidant," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 443(012052). Available at: https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012052.

Le, P.H. *et al.* (2023) "Purification of Coffee Polyphenols Extracted from Coffee Pulps (Coffee arabica L.) Using Aqueous Two-Phase System," *Molecules*, 28(15), p. 5922. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28155922.

Lestari, L.G.M., Antara, N.S. and Suwariani, N.P. (2021) "Pengaruh Suhu Awal dan Waktu Infusi terhadap Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Ekstrak Minuman Herbal Daun Kopi Robusta," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), pp. 85–98.

Lestari, W. *et al.* (2022) "Coffee By-Products as The Source of Antioxidants : A Systematic Review," *F1000Research*, 11(220), pp. 1–12. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.12688/f1000research.107811.1.

Loukri, A. *et al.* (2022) "Green Extraction of Caffeine from Coffee Pulp Using A Deep Eutectic Solvent (DES)," *Applied Food Research*, 2(2), p. 100176. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100176.

Ma, X. *et al.* (2021) "Optimization of Sunflower Head Pectin Extraction by Ammonium Oxalate and The Effect of Drying Conditions on Properties," *Scientific Report*, 11(10616). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-021-89886-x.

Maxiselly, Y., Anjarsari, I.R.D. and Sari, D.N. (2023) *Pemfaatan Limbah Teh dan Kulit Kopi sebagai Bentuk Hilirisasi ke Dalam Beberapa Produk Layak Guna*. Yogyakarta: Deepublish.

Murthy, P.S. and Naidu, M.M. (2012) "Sustainable Management of Coffee Industry By-products and Value Addition-A Review," *Resources. Conserv Recycl.*, 66, pp. 45–58.

Muzaifa, M. *et al.* (2023) "Effect of Temperature and Extraction Time on Quality of Pectin from Arabica Coffee Pulp," *Agrointek*, 17(4), pp. 785–792. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i4.15234.

Nurjannah, N.R., Sudiarti, T. and Rahmidar, L. (2020) "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi sebagai Biokomposit Hidrogel," *Al-Kimiya*, 7(1), pp. 19–27. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.15575/ak.v7i1.6490.

Oliveira, E.R.B.A.P. dan L.. (2007) "Fresh Coffee Husks as Potential Sources of Anthocyanins," *LWT-Food Sci Technol*, 40, pp. 1555–1560.

Oliveira, L.S. and Franca, A.S. (2015) *An Overview of The Potential Uses for Coffee Husks*. Elsevier.

Pattarapisitporn, A. and Noma, S. (2025) "Alternative Solvents for Pectin Extraction: Effects of Extraction Agents on Pectin Structural Characteristics and Functional Properties," *Foods*, 14(2644). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14152644.

Purwanto, D.S., Susanti, H. and Sugihartini, N. (2021) "Pengaruh Purifikasi Terhadap Kandungan Zat Aktif Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 50% Daun Kelor (Moringa oleifera L.)," *Jurnal Farmasi Indonesia*, 18(2), pp. 97–108.

Putri, M.K. *et al.* (2023) "Uji Aktivitas Antioksidan Green dan Roasted Biji Kopi Robusta Temanggung Menggunakan Metode DPPH," *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika*, 8(1), pp. 1–9.

Putri, M.K. *et al.* (2024) "Analisis Kafein Dan Asam Klorogenat Dalam Kulit Buah Kopi Arabika Dan Robusta Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis," *JURNAL FARMAMEDIKA (Pharmamedica Journal)*, 9(1), pp. 37–45.

Putri, M.K. *et al.* (2026) "Phytochemical Characterization and Comparative Tissue-Specific Metabolomics of Coffea arabica Using LC-HRMS," *Chemistry & Biodiversity*, 23(e03403), pp. 1–15. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cbdv.202503403.

Putri, M.K. and Dellima, B.R.E.M. (2022a) "Analisis Kadar Kafein dalam Green Bean dan Roasted Bean Kopi Robusta (Coffea canephora) Temanggung Menggunakan Spektrofotometer UV," *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 4(6), pp. 577–584. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.25026/jsk.v4i6.1253.

Putri, M.K. and Dellima, B.R.E.M. (2022b) "Pengaruh Daerah Tempat Tumbuh Terhadap Kadar Kafein Biji Kopi Robusta (Coffea canephora)," *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika*, 7(1), pp. 33–42.

Putri, M.K. and Dellima, B.R.E.M. (2023) "NPenentuan Kadar Kafein Dalam Bunga, Biji, Kulit Buah Dan Daun Kopi Arabika (Coffea Arabica) Wonolelo Menggunakan Spektrofotometer Uv," *Jurnal Farmasi dan Kesehatan Indonesia*, III(2), pp. 92–102. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.61179/jfki.v3i2.413.

Raharjani, S.A. *et al.* (2021) "Effect of Extraction Conditions on Yield and Bioactive Compounds of Coffee Pupl Extract," *Biological and Natural Resources Engineering Journal*, 5(2), pp. 28–35.

Rahayu, G.U.S.P., Putra, G.P.G. and Wrasiati, L.P. (2022) "The Effect of Ingredients:Solution Ratio and Exraction Time with Microwaves on Ethanol Extract of Robusta Coffee Fruit As A Source of Antioxidants," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(4), pp. 388–395.

Rinawati, Pangesti, G.G. and Juliasih, N.L.G.R. (2020) "Review: Green Analytical Chemistry: Pemanfaatan Supercritical Fluid Extraction (Sfe) Dan Microwave-Assisted Extraction (Mae) Sebagai Metode Ekstraksi Senyawa Diterpena Pada Minyak Biji Kopi Shangrai," *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1), pp. 24–33. Available at: https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/aec.v5.i1.2020.p24-33.

Ristianingsih, Y. *et al.* (2014) "Pengaruh Konsenstrasi HCl dan pH pada Eksraksi Pektin dari Albedo Durian dan Aplikasinya pada Proses Pengentalan Karet," *Konversi*, 3(1), pp. 32–36. Available at: https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20527/k.v3i1.135.

Ritonga, P.C. *et al.* (2023) "Efektivitas Ekstraksi Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Absorben Menggunakan Metode Delignifikasi dan Bleaching," *Jurnal Teknologi Pertanian*, 24(3), pp. 149–156.

Rotta, N.M., Curry, S., Han, J., Reconco, R., Spang, E., Ristenpart, W. and Donis-González, I.R. (2021) "A Comprehensive Analysis of Operations and Mass Fows in Postharvest Processing of Washed Coffee," *Resour. Conserv. Recycl.*, 170(105554).

Rotta, N.M., Curry, S., Han, J., Reconco, R., Spang, E., Ristenpart, W. and Donis-Gonzalez, I.R. (2021) "A Comprehensive Analysis of Operations and Mass Fows in Postharvest Processing of Washed Coffee," *Resour. Conserv. Recycl.*, 170(105554).

Rum, I.A., Lestari, H. and Santoso, R. (2018) "Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokrisal dari Nata de Pina sebagai Bahan Eksipien dalam Sediaan Tablet," *Journal of Pharmacopolium*, 1(3), pp. 149–161. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.36465/jop.v1i3.432.

Santos, E.E. *et al.* (2020) "Extraction of Pectin from Agroindustrial Residue with an Ecofriendly Solvent : Use of FTIR and Chemometrics to Differentiate Pectins According to Degree of Methyl Esterification," *Food Hydrocolloids*, 107(105921). Available at: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105921.

Sapkale, G.N. *et al.* (2010) "Supercritical Fluid Extraction," *Int. J. Chem. Sci.:*, 8(2), pp. 729–743.

Serna-Jimenez, J.A. *et al.* (2023) "Advanced Exraction of Caffeine and Polyphenols from Coffee Pulp: Comparison of Conventional and Ultrasound-Assisted Methods," *Food Science and Technology*, 177(114571), pp. 1–10.

Setianingsih, S.A., Sari, E.K. and Putri, M.K. (2023) "Pengaruh Derajat Penyangraian Terhadap Kadar Asam Klorogenat Kopi Robusta Temanggung Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis," *Jurnal Jamu Kusuma*, 3(1), pp. 7–14.

Shen, L. *et al.* (2023) "A Comprehensive Review of Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) for Bioactive Components: Principles, Advantages, Equipment, and Combined Technologies," *Ultrasonics Sonochemistry*, 101(106646). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106646.

Sondari, D. and Puspitasari, E.D. (2017) "Teknologi Ekstraksi Fluida Superkritis Dan Maserasi Pada Zingiber Officinalle Roscoe : Aktivitas Antioksidan Dan Kandungan Fitokimia," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(2), pp. 74–80.

Srikandi, Kristanti, A.W. and Sutamihardja, R. (2019) "Tingkat Kematangan Biji Kopi Arabika (Coffea arabica L.) dalam Menghasilkan Kadar Kafein," *Jurnal Sains Natural*, 9(1), pp. 22–28. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.189.

Srivastava, P. and Malviya, R. (2011) "Sources of Pectin, Extraction and Its Applications in Pharmaceutical Industry − An Overview," *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2(1), pp. 10–18.

Susanti, S. *et al.* (2021) "Comparing The Chemical Characteristics of Pectin Isolated from Various

Indonesian Fruit Peels," *Journal of Chemistry*, 21(4), pp. 1057–1062. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.22146/ijc.59799.

Thai, L.Q. *et al.* (2024) "Supercritical Carbon Dioxide and Ethanol-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Bourbon, Catimor, and Caturra Coffee Pulp for Maximized Antioxidant and Therapeutic Properties," *Future Foods*, 9(June 2024), p. 100381. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100381.

Tzima, S. *et al.* (2023) "Recent Advances in Supercritical CO2 Extraction of Pigments, Lipids and Bioactive Compounds from Microalgae," *Molecules*, 28(3), p. 1410. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28031410.

Wibowo, N.A. *et al.* (2024) "Review Innovative of Cascara As Potential in Beverage, Food and heir Functional Impact : A Review," *International Journal of Food Science and Technology*, 59, pp. 8082–8092. Available at: https://doi.org/10.1111/ijfs.17562.

Xie, Y. *et al.* (2021) "Effects of Soluble Fiber Supplementation on Glycemic Control in Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials," *Clin. Nutr.*, 40, pp. 1800–1810. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.10.032.

Yu, X. *et al.* (2025) "Effects of Ultrasonic Treatment on The Physichochemical, Structural, and Functional Properties of Soluble Dietary Fiber from Coffee Peels," *Ultrasonics Sonochemistry*, 114(107247). Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107247.

Zhang, X. *et al.* (2020) "Rheological Characterization of RG-I Chicory Root Pectin Extracted by Hot Alkali and Chelators," *Int. J. Biol. Macromol*, 164, pp. 759–770.