

Kajian Literatur: Aplikasi Metode Ekstraksi Modern Untuk Mengekstraksi Senyawa Fenolik dari Bahan Alam

Review Article: Application of Modern Extraction Methods to Extract Phenolic Compounds from Natural Products

Moh. Rofiqi Firdiyansyah^{1*}, Aditya Sindu Sakti^{2*}, Djati Wulan Kusumo², Muhammad Saiful Amin³.

¹ Program Studi Farmasi, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Lamongan, Jawa Timur Indonesia

² Departement Farmakognosi dan Fitokimia, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Lamongan, Jawa Timur, Indonesia

³ Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail Korespondensi: adityasindu13@gmail.com

Submit 28-07-2024 **Diterima** 24-09-2024 **Terbit** 30-10-2024

ABSTRAK

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang diperoleh dari bahan alam atau tumbuhan sebagai respons terhadap stres lingkungan. Senyawa ini memiliki manfaat sebagai antioksidan, komponen dari senyawa ini memiliki peranan penting sebagai agen pencegah dan pengobatan untuk beberapa gangguan penyakit seperti aterosklerosis, disfungsi pada otak, diabetes dan kanker. Untuk mendapatkan senyawa fenolik yang berkhasiat dari bahan alam perlu dilakukan suatu metode ekstraksi, metode ekstraksi modern merupakan metode ekstraksi yang digunakan untuk mengefisienkan proses ekstraksi itu sendiri dengan menggunakan sejumlah alat teknologi. Review artikel ini bertujuan untuk mengetahui metode ekstraksi modern yang dapat digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. Proses review article ini dilakukan dengan seksama secara komprehensif dengan menggunakan berbagai data base seperti Google Scholar, Pubmed, Science Direct, Portal Garuda, NCBI dan BMC dengan menggunakan kata kunci “Senyawa fenolik”, “*Microwave Assisted Extraction*”, “*Enzyme Assisted Extraction*”, “*High Hydrostatic Pressure Extraction*”, “*Ultrasonic Assisted Extraction*”, “*Pressure Liquid Extraction*”, “*Pressure Extraction Fluid*” dan “Metode ekstraksi modern”. Hasil review menunjukkan metode ekstraksi yang paling optimal untuk mengekstraksi total kadar senyawa fenolik yaitu dengan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) pada daya 600 watt selama 4 menit dengan menggunakan pelarut etanol 70% dapat menghasilkan total kadar senyawa fenolik sebesar 199.4 mgGAE/g pada tanaman kulit buah delima (*Punica granatum* L).

Kata kunci: Senyawa fenolik; Ekstraksi modern; Bahan alam

ABSTRACT

*Phenolic compounds are phytochemicals obtained from plants as a response to stress. This compound has benefits as an antioxidant. Moreover, these compounds have an important role in preventing and treating several disorders such as atherosclerosis, brain dysfunction, diabetes mellitus, and cancer. Obtaining phenolic compounds from natural products, required an extraction method. A modern extraction method is an extraction process using several high technological instruments, to obtain high-yield extract in a short time. This review article performed to summarizes several modern extraction methods that can applied to extract phenolic compounds from natural products. The process of preparing this article was carried out comprehensively using various databases such as Google Scholar, Pubmed, Science Direct, Portal Garuda, NCBI, and BMC, using the keywords "Phenolic Compounds", "Microwave Assisted Extraction", "Enzyme Assisted Extraction", "High Hydrotastic Pressure Extraction", "Ultrasonic Assisted Extraction", "Pressure Liquid Extraction", "Pressure Extraction Fluid", and "Modern Extraction Methods". The results show that the most optimal extraction method to extract total phenolics contents was using Microwave Assisted Extraction (MAE) method at 600 watts for 4 minutes using ethanol 70%, this procedure can produce 199.4 mgGAE/g total phenolics contents from the Pomegranate peel plant (*Punica granatum L.*).*

Keywords: *Phenolic compounds; Modern extraction; Natural Products*

PENDAHULUAN

Manusia secara terus menerus menggunakan bahan alam untuk kebutuhan dasar mereka seperti makanan, tempat tinggal serta obat-obatan. Tumbuhan atau bahan alam memiliki banyak senyawa yang terkandung di dalamnya, salah satu senyawa yang terkandung pada bahan alam yaitu senyawa fenolik. Senyawa fenolik merupakan senyawa yang diperoleh dari bahan alam atau tumbuhan sebagai respons terhadap stres lingkungan. Diketahui bahwa stress disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik yang dapat mempengaruhi dan meningkatkan metabolit sekunder pada bahan alam. Senyawa fenolik dari bahan alam banyak diminati oleh peneliti karena memiliki banyak manfaat, senyawa ini memiliki manfaat sebagai antioksidan. Komponen dari senyawa ini mempunyai peranan penting sebagai agen pencegah dan pengobatan untuk beberapa gangguan penyakit seperti aterosklerosis, disfungsi pada otak, diabetes dan kanker (Ekor, 2014).

Senyawa fenolik pada tanaman memiliki struktur molekul yang mirip dengan alkohol, akan tetapi terdapat perbedaan pada cincin aromatik, atom hidrogen dari gugus hidroksil fenolik yang menjadikannya sebagai asam lemah. Senyawa ini telah banyak diakui sebagai antioksidan alami yang kuat dan memiliki peran penting dalam berbagai sifat biologis dan farmakologis (Kumar & Goel, 2019). Beberapa penelitian lain telah melaporkan terkait manfaat yang ada dalam senyawa fenolik, seperti sebagai agen anti-penuaan, anti-inflamasi, antioksidan dan antiproliferasi. Senyawa ini juga dapat mencegah diabetes pada jangka panjang, penyakit kardiovaskular, neuropati, nefropati dan retinopati (Lin et al., 2016).

Senyawa fenolik dari suatu bahan alam dapat diperoleh dengan cara ekstraksi. Ekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam terutama bergantung pada sifat matriks sampel dan juga pada sifat kimia fenolik yang diinginkan seperti jumlah cincin aromatik dan gugus

hidroksil dalam struktur dan polaritas. Oleh karena itu sulit untuk memilih metode ekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam yang berbeda. Metode ekstraksi sangat berpengaruh dalam menentukan perolehan senyawa fenolik dalam jumlah dan kualitasnya. Salah satu metode ekstraksi yang sering digunakan yaitu metode ekstraksi modern, metode ini merupakan metode ekstraksi yang digunakan untuk mengefisienkan proses ekstraksi itu sendiri dengan sejumlah alat teknologi. Metode ekstraksi modern sering digunakan peneliti untuk mendapatkan senyawa bahan alam karena metode ekstraksi modern dalam pengaplikasiannya tidak memerlukan pelarut yang banyak sehingga dapat meminimalisir limbah dan waktu yang digunakan relatif singkat (Utami et al., 2020).

Pemilihan metode ekstraksi untuk mengekstraksi suatu bahan alam tergantung pada sifat bahan dan senyawa yang akan diekstraksi, metode ekstraksi modern biasanya digunakan untuk mengekstraksi bahan alam yang bersifat termostabil sedangkan metode konvensional digunakan untuk mengekstraksi bahan alam yang kurang stabil pada suhu tinggi, pemilihan metode ekstraksi yang tepat akan berdampak pada hasil ekstraksi yang didapatkan. Beberapa teknik ekstraksi modern yang sering digunakan untuk mengekstraksi bahan alam yaitu *Microwave Assisted Extraction* (MAE), *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE), *Pressurized Liquid Extraction* (PLE) dan *Supercritical Fluid Extraction* (SFE) (Ramoko & Ramadhania, 2018).

Metode ekstraksi merupakan faktor penting dalam penelitian bahan alam, sejumlah peneliti berusaha untuk menemukan teknik ekstraksi yang lebih baik yang memiliki efisiensi dan efektivitas biaya. Namun demikian belum ada suatu studi literatur yang membahas atau mengkaji secara komprehensif terkait metode-metode ekstraksi modern untuk mengekstraksi total kadar senyawa fenolik dari bahan alam.

METODOLOGI

Proses review artikel ini dilakukan secara seksama dan komprehensif dengan menggunakan jurnal eksperimental (*original article*) dan jurnal review (*review article*). Data base yang digunakan meliputi NCBI, PubMed, Google Scholar, dan portal Garuda dengan menggunakan kata kunci: “Senyawa fenolik”, “*Microwave Assisted Extraction* (MAE)”, “*Enzyme Assisted Extraction* (EAE)”, “*High Hydrotastic Pressure Extraction* (HHPE)”, “*Ultrasound Assisted Extracytion* (UAE)”, “*Pressure Liquid Extraction* (PLE)”, “*Pressurized Fluid Extraction* (PFE)”, dan “Metode Ekstraksi Modern”. Jurnal yang digunakan dalam proses review artikel ini dipublikasikan pada rentang tahun 2013 sampai 2023, jurnal yang digunakan meliputi jurnal internasional maupun nasional. Artikel review ini berfokus pada metode ekstraksi modern yang dapat digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. Dari penelusuran tersebut didapatkan 28 jurnal, dimana jurnal yang termasuk dalam kriteria inklusi sebanyak 21 jurnal yang nantinya akan dijadikan data primer dalam review artikel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode Ekstraksi Modern

Metode ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan bahan alam dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Terdapat banyak metode ekstraksi yang digunakan untuk memperoleh hasil senyawa pada bahan alam seperti metode ekstraksi konvensional, metode ekstraksi modern dan metode ekstraksi terbaru, dari beberapa

metode ekstraksi tersebut metode yang paling banyak digunakan untuk mengekstraksi senyawa bahan alam adalah metode ekstraksi modern (Tetti, 2014).

Ekstraksi bahan alam secara modern dapat dilakukan menggunakan beberapa metode seperti *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE), *Microwave Assisted Extraction* (MAE), *Pressurized Liquid Extraction* (PLE), *High Hydrostatic Pressure Extraction* (HHPE) dan *Enzyme Assisted Extraction* (EAE). Beberapa metode ekstraksi modern yang telah disebutkan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dalam mengekstraksi suatu bahan alam dan pemilihan penggunaan metode yang efisien juga bergantung pada sifat bahan alam yang mau diekstraksi.

Pada saat ini telah banyak strategi ekstraksi dengan perbedaan parameter ekstraksi waktu, suhu, tekanan dan pelarut yang telah dikembangkan untuk mengekstraksi bahan alam secara efisien. Namun terdapat perbedaan senyawa yang dihasilkan dalam setiap metode yang digunakan dalam mengekstraksi suatu bahan alam. Oleh karena itu setiap metode yang akan digunakan untuk mengekstraksi suatu bahan alam harus melihat sifat bahan yang akan diekstraksi dengan tujuan dapat memperoleh senyawa fitokimia yang optimal (De Monte et al., 2014).

B. Keuntungan dan Kerugian Ekstraksi Modern

Beberapa keuntungan menggunakan metode ekstraksi modern seperti penggunaan pelarut organik yang lebih sedikit, waktu ekstraksi yang lebih singkat, dan selektivitas yang lebih tinggi. Sebagian peneliti mengungkapkan bahwa metode ekstraksi modern tidak dapat digunakan untuk mengekstraksi senyawa yang bersifat termolabil karena suhu yang digunakan pada ekstraksi modern tergolong tinggi, namun terdapat pendapat lain juga mengungkapkan bahwa metode ekstraksi modern dapat digunakan untuk mengekstraksi bahan alam yang bersifat termolabil karena metode ekstraksi modern membutuhkan waktu yang singkat dalam ekstraksi sehingga tidak terjadi degradasi pada bahan alam yang akan diekstraksi (Zhang et al., 2018).

Keuntungan lain dari metode ekstraksi modern seperti *Pressurized Liquid Extraction* (PLE) dan *Microwave Assisted Extraction* yaitu dapat digunakan untuk mengekstraksi berbagai senyawa dengan polaritas yang berbeda, sedangkan *High Hydrostatic Pressure Extraction* (HHPE) sebagian besar mampu untuk mengekstraksi senyawa polar atau senyawa dengan polaritas menengah dengan suhu yang lebih tinggi. Tidak semua teknik ekstraksi cocok untuk mengekstraksi suatu bahan alam, akan tetapi harus mempertimbangkan sifat kepolaran suatu senyawa dan metode yang akan digunakan sehingga mampu mendapatkan senyawa yang dikehendaki (Sasidharan et al., 2011).

Rosa et al. (2019) melaporkan bahwa metode ekstraksi modern seperti ultrasonikasi dan ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro, mampu menghasilkan senyawa fenolik yang lebih tinggi dan membutuhkan waktu yang lebih singkat, jika dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional seperti maserasi. Adapun beberapa kerugian dalam menggunakan metode ekstraksi modern yaitu penggunaan listrik yang tinggi dan alat yang mahal sehingga pengeluaran biaya juga tidak sedikit, seperti contoh metode UAE metode ini menggunakan tenaga listrik sekitar 240W untuk menghasilkan gelombang ultrasonik sebesar 20-500 KHz. Selain itu energi yang masuk kedalam sistem sulit untuk dikontrol, jika energi yang telah masuk kedalam sistem tidak stabil maka hasil ekstrak yang dihasilkan tidak bisa maksimal atau sempurna (Warsito, 2018).

C. Aplikasi Metode Ekstraksi Modern untuk Mengekstraksi Senyawa Fenolik dari Bahan Alam

Tabel 1. Metode-Metode Ekstraksi Modern yang Diaplikasikan untuk Mengekstraksi Senyawa Fenolik dari Bahan Alam

No	Nama Tanaman	Metode Ekstraksi	Kondisi Ekstraksi	Konten Fenolik	Pustaka
1	Kulit pohon cemara (<i>Picea abies</i>)	UAE	35 KHz pada suhu 60°C dengan pelarut etanol 70% selama 45 menit	43.1 (mgGAE/g)	(Lazar et al., 2016)
2	Kulit pohon cemara (<i>Picea abies</i>)	UAE	35 KHz pada 54°C dengan pelarut etanol 70% selama 60 menit	13.2 (mgGAE/g)	(Ghitescu et al., 2015)
3	Daun Zaitun (<i>Olea europaea</i> L.)	UAE	37 KHz pada 60°C dengan pelarut aseton 50% selama 10 menit	37.44 (mgGAE/g)	(Irakli et al., 2018)
4	Lemon (<i>Citrus limon</i> L.)	UAE	43 KHz pada 50°C dengan ukuran partikel 1.40 mm selama 60 menit	17.24 (mgGAE/g)	(Papoutsis et al., 2018)
5	Rimpang (<i>Rheum moorcroftianum</i>)	UAE	50 KHz pada 37°C dengan pelarut aseton 40% selama 10 menit	92.99 (mgGAE/g)	(Pandey et al., 2018)
6	Kulit buah delima (<i>Punica granatum</i> L.)	MAE	600 Watt dengan pelarut etanol 70% selama 4 menit	199.4 (mgGAE/g)	(Kaderides et al., 2019)
7	Kulit jeruk nipis (<i>Citrus aurantiifolia</i>)	MAE	140 Watt dengan pelarut etanol 55% selama 0.71 menit	53 (mgGAE/g)	(Rodsamran & Sothornvit, 2019)
8	Kembang sepatu (<i>Hibiscus rosa sinensis</i> L.)	MAE	500 watt dengan perbandingan pelarut 14:1 ml/g selama 3 menit	70.53 (mgGAE/g)	(Alara & Abdurahman, 2019)
9	Daun sambiloto (<i>Vernonia amygdalina</i> L.)	MAE	416 Watt dengan perbandingan pelarut 8:1 ml/g selama 8 menit	102.24 (mgGAE/g)	(Alara et al., 2018)
10	Rimpang (<i>Scirpus holoschoenus</i>)	MAE	600 Watt dengan pelarut aseton 56% selama 69 detik	30.6 (mgGAE/g)	(Oussaid et al., 2018)
11	Anggur (<i>Vitis vinifera</i> L.)	PLE	Tekanan 100 bar dengan pelarut etanol 50% selama 240 menit	65.68 (mgGAE/g)	(Pereira et al., 2019)
12	Jerami jelai (<i>Hordeum vulgare</i>)	PLE	Tekanan 50 bar dengan pelarut etanol 20% selama 40 menit	45.4 (mgGAE/g)	(Huerta & Saldaña, 2018)
13	Alga coklat (<i>Sargassum polycystum</i>)	PLE	Tekanan 100 bar dengan pelarut etanol 50% selama 10 menit	173.65 (mgGAE/g)	(Otero et al., 2019)
14	Feijoa (<i>Acca sellowiana</i>)	PLE	Tekanan 100 bar dengan pelarut etanol 50% selama 120 menit	132 (mgGAE/g)	(Santos et al., 2019)

15	Kulit jeruk (<i>Citrus sinensis</i>)	PLE	Tekanan 100 bar dengan pelarut etanol 75% selama 40 menit	15.9 (mgGAE/g)	(Barrales et al., 2018)
16	Kulit pisang (<i>Musa acuminata</i>)	EAE	Suhu 55°C selama 9 jam dan konsentrasi enzim 1%	25.37 (mgGAE/g)	(Islam et al., 2023)
17	Daun yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A.)	EAE	Suhu 50°C selama 120 menit dan konsentrasi enzim 1.6%	3.13 (mgGAE/g)	(Heemann et al., 2019)
18	Daun zaitun (<i>Olea europeae</i> L.)	HHPE	Tekanan 433.33 MPa dengan pelarut etanol 70% selama 15 menit	57.5 (mgGAE/g)	(Okur et al., 2023)
19	Apel kuda (<i>Maclura pomifera</i> R)	HHPE	Tekanan 500 MPa dengan pelarut cocktail selama 10 menit	900 (µgGAE/ml)	(Altuner et al., 2012)
20	Jeruk manis (<i>Citrus sinensis</i> L.)	HHPE	Tekanan 201 MPa dengan pelarut etanol 70% selama 97 menit	447.7 (mgGAE/L)	(Bisconsin-Junior et al., 2015)
21	Jeruk manis (<i>Citrus sinensis</i> L.)	HHPE	Tekanan 201 MPa dengan pelarut etanol 70% selama 97 menit	447.7 (mgGAE/L)	(Bisconsin-Junior et al., 2015)

Ultrasound Assisted Extraction (UAE)

Metode ekstraksi senyawa fenolik menggunakan bantuan gelombang ultrasonik merupakan metode modern yang banyak digunakan dalam ekstraksi suatu bahan alam. Metode ini mempunyai prinsip kerja dengan membangkitkan *ultrasound* secara lokal dari kavitas mikro sekitar bahan yang akan diekstraksi sehingga pada bahan tersebut terjadi pemanasan, akibatnya dapat melepaskan senyawa yang terdapat dalam ekstrak tersebut. Selain itu efek lain yang dihasilkan dari metode ini yaitu pemecahan dinding sel pada bahan alam sehingga kandungan senyawa yang ada di dalamnya dapat keluar dan panas lokal yang terjadi pada cairan mampu meningkatkan proses difusi ekstrak sehingga senyawa yang didapatkan lebih optimal (Adhiksana, 2017).

Kekuatan atau daya ultrasonik merupakan salah satu parameter terpenting dalam aplikasi metode UAE dalam mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. (Rutkowska et al., 2017) mengungkapkan bahwa senyawa hasil ekstraksi tertinggi dari UAE biasanya dapat dicapai dengan meningkatkan daya ultrasonik, hal tersebut dapat dibuktikan pada tabel 1 bahwa total phenolic content (TPC) tertinggi didapatkan pada daya 50 kilohertz (KHz) dengan hasil TPC 92.99 mgGAE/g. Fenomena ini dikarenakan ketika daya ultrasonik meningkat, dapat menyebabkan terbentuknya kavitas yang makin banyak pada matriks bahan alam. Đurović et al. (2018) dalam penelitiannya juga mengatakan bahwa kandungan total fenolik meningkat ketika daya ultrasonik dinaikkan dari 15% menjadi 30%.

Metode UAE memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, seperti waktu ekstraksi yang singkat dan penggunaan suhu kisaran menengah atau tidak terlalu panas. pada tabel 1 TPC tertinggi didapatkan pada suhu 37°C. Suhu yang terlalu panas dapat merusak suatu senyawa yang terkandung dalam bahan alam, hal tersebut diperkuat oleh penelitian (Goltz et al., 2018) yang mengekstraksi senyawa fenolik dengan beberapa temperatur dari mulai 25-50°C dimana total kadar senyawa fenolik yang paling optimal justru

diperoleh pada temperatur terendah (25°C). Hal tersebut dikarenakan pada suhu tinggi dapat memberikan efek destruktif pada senyawa fenolik yang bersifat tidak tahan panas.

Microwave Assisted Extraction (MAE)

Microwave Assisted Extraction (MAE) merupakan teknik ekstraksi yang efisien karena kemampuannya untuk memanaskan bahan alam secara internal dan eksternal tanpa terjadinya gradient termal. Senyawa fenolik yang terdapat dalam suatu bahan alam mampu menyerap energi gelombang mikro. Selain itu gelombang mikro yang dibenturkan ke sampel menyebabkan pemanasan pada pelarut, sehingga dapat terjadi proses difusi pada senyawa fenolik yang terkandung dalam bahan alam (Yahya et al., 2018).

Parameter ekstraksi seperti pemilihan pelarut, suhu, daya gelombang mikro dan waktu ekstraksi merupakan faktor penting dalam proses ekstraksi dengan MAE. Pada umumnya perolehan senyawa fenolik yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya daya gelombang mikro. Gelombang mikro yang dihasilkan mampu memberikan efek pemanasan yang berkontribusi pada pecahnya dinding sel pada bahan alam. Namun demikian terdapat batas atas daya MAE yang justru mengakibatkan penurunan hasil ekstraksi senyawa fenolik yang terkandung dalam bahan alam. Penelitian (Alara et al., 2018) mengungkapkan bahwa daya MAE yang optimal untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari daun sambiloto (*Vernonia amygdalina* L.) yaitu pada daya gelombang 500 watt. Pada daya gelombang yang melebihi 500 watt, justru terjadi penurunan hasil total kadar senyawa fenolik. Hal tersebut dikarenakan penggunaan daya gelombang mikro yang ekstrim menyebabkan panas berlebih pada sampel, sehingga senyawa fenolik akan terdegradasi (Osorio-Tobón, 2020).

Waktu ekstraksi dengan metode MAE merupakan parameter penting lainnya dalam ekstraksi MAE. Kenaikan waktu ekstraksi yang digunakan akan meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam bahan alam, sehingga pelarut akan semakin mudah untuk menarik senyawa yang ada di dalamnya, sementara semakin sedikitnya waktu yang digunakan dalam ekstraksi akan mempersulit pelarut untuk menembus dinding-dinding pada suatu bahan alam (Kristanti et al., 2019). Pada tabel 1 waktu 4 menit merupakan waktu yang efisien digunakan untuk mengekstraksi suatu bahan alam menggunakan metode MAE. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Winata dan Yuniata. (2015) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu ekstraksi, kuantitas bahan yang terekstrak juga semakin banyak karena kesempatan untuk bersentuhan antara bahan dengan pelarut semakin besar sehingga hasil yang didapatkan akan bertambah sampai mencapai titik jenuh.

Pressurized Liquid Extraction (PLE)

Ekstraksi dengan metode *Pressurized Liquid Extraction* (PLE) dilakukan dengan cara mengemas sampel dalam ekstraktor, kemudian pelarut dipompa ke dalam ekstraktor menggunakan pompa cair dan melewati sistem panas untuk mencapai suhu yang dikehendaki. PLE dapat dilakukan dengan metode statis atau dinamis, ekstraksi statis adalah proses dimana ekstraktor diberi tekanan, sementara katup keluar tetap tertutup, katup kemudian dibuka dan ekstrak dikumpulkan. Sebaliknya pada metode dinamis katup keluar tetap terbuka, dan pelarut dipompa secara terus menerus melalui ekstraktor (Plaza & Turner, 2017).

Studi yang sudah dilakukan tentang ekstraksi senyawa fenolik menggunakan metode PLE dapat diamati pada tabel 1, kondisi ekstraksi yang optimal untuk mengekstraksi senyawa

fenolik dengan cara PLE yaitu pada tekanan 100 bar selama 10 menit dengan perolehan hasil TPC sebesar 173.65 mgGAE/g. Hal tersebut didukung oleh penelitian (Alvarez-Rivera et al., 2019) yang mengungkapkan bahwa tekanan ekstraksi dan waktu ekstraksi sangat berpengaruh signifikan terhadap hasil senyawa fenolik yang didapatkan, semakin tinggi tekanan dan semakin lama waktu yang digunakan dapat meningkatkan perolehan TPC. Akan tetapi waktu yang sangat lama juga dapat menurunkan perolehan TPC karena sifat senyawa fenolik yang kurang stabil terhadap panas.

Kelebihan dari metode ini yaitu metode ekstraksi PLE dapat meluruhkan sel tanaman sehingga dapat mengambil komponen bioaktif yang terdapat dalam sel secara keseluruhan. Hal ini tidak terjadi pada metode ekstraksi tradisional dimana komponen yang ada pada tanaman intraseluler (di dalam sel) tidak dapat terekstrak sepenuhnya (Rahmawati, 2018).

High Hydrostatic Pressure Extraction (HHPE)

High Hydrostatic Pressure Extraction (HHPE) merupakan metode ekstraksi dengan tekanan super tinggi isostatik dingin yang berkisar antara 100 hingga 800 MPa, metode tersebut tidak memerlukan proses pemanasan atau bisa dioperasikan pada suhu kamar. Metode HHPE dapat meningkatkan kelarutan apabila tekanan dinaikkan hingga terjadi kenaikan suhu sehingga kelarutan dapat meningkat, namun suhu pada HHPE dapat menurun karena terdapat sistem pendingin dalam alat tersebut. Sebagian besar senyawa fenolik rentan terdegradasi pada temperatur tinggi, paparan oksigen, dan cahaya. Oleh karena itu metode HHPE merupakan salah satu metode yang prospektif digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam.

Terdapat banyak parameter ekstraksi dalam metode HHPE yang sangat berdampak dalam memperoleh hasil senyawa fenolik, salah satunya adalah tekanan yang digunakan dalam metode HHPE. Pada tabel 1 dapat diamati bahwa pada tekanan 433.33 MPa merupakan tekanan yang optimal untuk mengekstraksi senyawa fenolik dibandingkan dengan nilai tekanan yang lain. Umumnya kelarutan senyawa fenolik akan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan. Akan tetapi tekanan yang berlebih juga berdampak pada penurunan perolehan senyawa fenolik. Penelitian (Xi et al., 2011) mengungkapkan bahwa perolehan senyawa fenolik meningkat secara signifikan dari 15% menjadi 30% dengan meningkatkan tekanan 100 menjadi 600 MPa.

Parameter waktu juga sangat berpengaruh terhadap perolehan senyawa fenolik, pada tabel 1 dapat diamati bahwa waktu yang optimal digunakan dalam mengekstraksi senyawa fenolik dengan metode HHPE yaitu 15 menit. Waktu dalam proses ekstraksi tersebut cukup lama dibandingkan dengan waktu ekstraksi pada metode ekstraksi modern lainnya. Waktu yang lama akan berdampak pada perolehan senyawa fenolik karena simplisia dan pelarut yang bercampur lama dapat menarik senyawa yang banyak dalam simplisia. Hal ini didukung oleh penelitian (Briones-Labarca et al., 2015) melaporkan bahwa kandungan fenolik meningkat sekitar 21% dengan waktu ekstraksi ditingkatkan dari 5 menjadi 15 menit pada 500 MPa.

Enzyme Assisted Extraction (EAE)

Enzyme Assisted Extraction (EAE) atau metode ekstraksi dengan bantuan enzim merupakan metode ekstraksi dengan prinsip penambahan enzim-enzim tertentu yang dapat mendegradasi dinding sel pada simplisia. Dengan demikian senyawa fitokimia dapat terekstraksi secara optimal dari matriks bahan alam. Sejumlah enzim yang sering digunakan

untuk mengekstraksi senyawa fenolik antara lain amilase, glukoamilase, selulase, pektinase, dan masih banyak enzim yang lainnya. Pada saat ini penggunaan enzim untuk mengekstraksi senyawa fitokimia dari bahan alam merupakan metode ekstraksi yang sedang berkembang mulai dari optimasi laboratorium skala kecil hingga aplikasi industri skala besar (Streimikyte et al., 2022).

Aplikasi metode EAE untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam dapat diamati pada tabel 1. Dapat diamati bahwa konsentrasi enzim yang digunakan dalam proses ekstraksi sangat berpengaruh signifikan terhadap perolehan senyawa fenolik. Metode EAE dengan konsentrasi enzim 1% merupakan metode ekstraksi yang optimal untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa ekstraksi dengan bantuan enzim menunjukkan peningkatan perolehan senyawa fenolik yang signifikan dari 4% menjadi 15% dari bahan alam teh hijau, jika dibandingkan dengan perlakuan yang tidak menggunakan enzim. (Hong et al., 2013).

Parameter waktu ekstraksi pada metode EAE juga sangat berpengaruh signifikan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. Dapat diamati pada tabel 1 bahwa pada waktu ekstraksi 9 jam merupakan waktu ekstraksi yang optimal digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam. Peningkatan suhu ekstraksi juga dapat mengoptimalkan aktivitas enzimatis dan meningkatkan aktivitas pemecahan selama proses ekstraksi. Akan tetapi kenaikan atau penurunan suhu ekstraksi yang ekstrem juga akan berdampak pada penghambatan aktivitas enzim, sehingga dapat menurunkan perolehan senyawa fenolik dari bahan alam (Macedo et al., 2021).

KESIMPULAN

Dari kajian literatur (*Review article*) ini dapat disimpulkan bahwa pemilihan metode ekstraksi modern memiliki peranan yang penting berpengaruh signifikan terhadap perolehan hasil senyawa fenolik dari bahan alam yang akan diekstraksi. Selain itu masing-masing metode ekstraksi mempunyai kelebihan dan kekurangan. Hasil review artikel ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi modern yang paling optimal untuk mengekstraksi total kadar senyawa fenolik dari bahan alam yaitu dengan metode Microwave Assisted Extraction (MAE) pada daya 600 watt selama 4 menit dengan menggunakan pelarut etanol 70%. Dimana pada prosedur tersebut dapat menghasilkan total kadar senyawa fenolik sebesar 199.4 mgGAE/g dari simplisia kulit buah delima (*Punica granatum L.*). Disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk melakukan optimalisasi ekstraksi, terhadap sejumlah metode ekstraksi modern yang potensial digunakan untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari bahan alam.

ACKNOWLEDGEMENT

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) dan Pusat Sentra HKI dan Publikasi Ilmiah (PSH-PI) Universitas Muhammadiyah Lamongan atas pendanaan penyusunan dan publikasi dari artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adhiksana, A. (2017). Perbandingan Metode Konvensional Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang dengan Metode Ultrasonik. *Journal of Research and Technology*, 3(2), 80–88. <https://doi.org/10.55732/jrt.v3i2.276>

- Alara, O. R., & Abdurahman, N. H. (2019). Microwave-assisted Extraction of Phenolics from *Hibiscus sabdariffa* Calyces: Kinetic Modelling and Process Intensification. *Industrial Crops and Products*, 137 (February), 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.053>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Abdul Mudalip, S. K., & Olalere, O. A. (2018). Microwave-assisted Extraction of *Vernonia amygdalina* Leaf for Optimal Recovery of Total Phenolic Content. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 10 (October 2017), 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.04.004>
- Altuner, E. M., İşlek, C., Çeter, T., & Alpas, T. (2012). High Hydrostatic Pressure Extraction of Phenolic Compounds From *Maclura pomifera* Fruits. *African Journal of Biotechnology*, 11(4). <https://doi.org/10.5897/ajb11.2506>
- Alvarez-Rivera, G., Bueno, M., Ballesteros-Vivas, D., Mendiola, J. A., & Ibañez, E. (2019). Pressurized Liquid Extraction. *Liquid-Phase Extraction*, 375–398. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816911-7.00013-X>
- Barrales, F. M., Silveira, P., Barbosa, P. de P. M., Ruviano, A. R., Paulino, B. N., Pastore, G. M., Macedo, G. A., & Martinez, J. (2018). Recovery of Phenolic Compounds from Citrus by-Products using Pressurized Liquids — An Application to Orange Peel. *Food and Bioproducts Processing*, 112, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.08.006>
- Bisconsin-Junior, J., Alvarenga, J. F. R., Rosenthal, A., & Monteiro, M. (2015). Effect of High Hydrostatic Pressure on Ascorbic Acid, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Pera Rio Orange Juice. *Journal of Food Processing & Technology*, 06(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000416>
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuña, C., & Jamett, F. (2015). High Hydrostatic Pressure and Ultrasound Extractions of Antioxidant Compounds, Sulforaphane and Fatty Acids from Chilean Papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of Extraction Conditions and Methods. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.057>
- De Monte, C., Carradori, S., Granese, A., Di Pierro, G. B., Leonardo, C., & De Nunzio, C. (2014). Modern Extraction Techniques and Their Impact on The Pharmacological Profile of *Serenoa Repens* Extracts for The Treatment Of Lower Urinary Tract Symptoms. *BMC Urology*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1471-2490-14-63>
- Ekor, M. (2014). The Growing Use of Herbal Medicines: Issues Relating to Adverse Reactions and Challenges In Monitoring Safety. *Frontiers in Neurology*, 4 (January), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>
- Ghiteșcu, R. E., Volf, I., Carausu, C., Bühlmann, A. M., Gilca, I. A., & Popa, V. I. (2015). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenols from Spruce Wood Bark. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.07.013>
- Goltz, C., Ávila, S., Barbieri, J. B., Igarashi-Mafra, L., & Mafra, M. R. (2018). Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Macela (*Achyrocline satureioides*) Extracts. *Industrial Crops and Products*, 115 (October 2017), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.013>

- Heemann, A. C. W., Heemann, R., Kalegari, P., Spier, M. R., & Santin, E. (2019). Enzyme-Assisted Extraction of Polyphenols from Green Yerba Mate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.22217>
- Hong, Y. H., Jung, E. Y., Park, Y., Shin, K. S., Kim, T. Y., Yu, K. W., Chang, U. J., & Suh, H. J. (2013). Enzymatic Improvement in The Polyphenol Extractability and Antioxidant Activity of Green Tea Extracts. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 77(1), 22–29. <https://doi.org/10.1271/bbb.120373>
- Huerta, R. R., & Saldaña, M. D. A. (2018). Pressurized Fluid Treatment of Barley and Canola Straws to Obtain Carbohydrates and Phenolics. *Journal of Supercritical Fluids*, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.11.029>
- Irakli, M., Chatzopoulou, P., & Ekateriniadou, L. (2018). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds: Oleuropein, Phenolic Acids, Phenolic Alcohols and Flavonoids from Olive Leaves and Evaluation of Its Antioxidant Activities. *Industrial Crops and Products*, 124 (January 2017), 382–388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.070>
- Islam, M. R., Kamal, M. M., Kabir, M. R., Hasan, M. M., Haque, A. R., & Hasan, S. M. K. (2023). Phenolic Compounds and Antioxidants Activity of Banana Peel Extracts: Testing and Optimization of Enzyme-Assisted Conditions. *Measurement: Food*, 10 (January), 100085. <https://doi.org/10.1016/j.meafuo.2023.100085>
- Kaderides, K., Papaoikonomou, L., Serafim, M., & Goula, A. M. (2019). Microwave-Assisted Extraction of Phenolics from Pomegranate Peels: Optimization, Kinetics, and Comparison with Ultrasounds Extraction. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 137 (January), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.01.006>
- Kristanti, Y., Widarta, I. W. R., & Permana, I. D. G. M. (2019). Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi Etanol Menggunakan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE) Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rambut Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 8(1), 94. <https://doi.org/10.24843/itepa.2019.v08.i01.p11>
- Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic Acids: Natural Versatile Molecules with Promising Therapeutic Applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>
- Lazar, L., Talmaciu, A. I., Volf, I., & Popa, V. I. (2016). Kinetic Modeling of The Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenols from *Picea abies* Bark. *Ultrasonics Sonochemistry*, 32, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.03.009>
- Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., & Chen, S. (2016). An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. *Molecules*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>
- Macedo, G. A., Santana, Á. L., Crawford, L. M., Wang, S. C., Dias, F. F. G., & de Mour Bell, J. M. L. N. (2021). Integrated Microwave- and Enzyme-Assisted Extraction of Phenolic Compounds From Olive Pomace. *LWT - Food Science and Technology*, 138 (November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110621>
- Okur, I., Namli, S., Oztop, M. H., & Alpas, H. (2023). High-Pressure-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Olive Leaves: optimization and Comparison with

- Conventional Extraction. *ACS Food Science and Technology*, 3(1), 161–169. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00346>
- Osorio-Tobón, J. F. (2020). Recent Advances and Comparisons of Conventional and Alternative Extraction Techniques of Phenolic Compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4299–4315. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04433-2>
- Otero, P., López-Martínez, M. I., & García-Risco, M. R. (2019). Application of Pressurized Liquid Extraction (PLE) to Obtain Bioactive Fatty Acids and Phenols from *Laminaria ochroleuca* Collected in Galicia (NW Spain). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 164, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.09.057>
- Oussaid, S., Madani, K., Houali, K., Rendueles, M., & Diaz, M. (2018). Optimized Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds From *Scirpus Holoschoenus* and Its Antipseudomonal Efficacy, Alone or In Combination with *Thymus fontanesii* Essential Oil and Lactic Acid. *Food and Bioproducts Processing*, 110, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.04.008>
- Pandey, A., Belwal, T., Sekar, K. C., Bhatt, I. D., & Rawal, R. S. (2018). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) of Phenolics and Antioxidant Compounds from Rhizomes of *Rheum moorcroftianum* using Response Surface Methodology (RSM). *Industrial Crops and Products*, 119 (December 2017), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.019>
- Papoutsis, K., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Bowyer, M. C., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2018). Screening The Effect of Four Ultrasound-Assisted Extraction Parameters on Hesperidin and Phenolic Acid Content of Aqueous Citrus Pomace Extracts. In *Food Bioscience* (Vol. 21). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.11.001>
- Pereira, D. T. V., Tarone, A. G., Cazarin, C. B. B., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2019). Pressurized Liquid Extraction of Bioactive Compounds from Grape Marc. *Journal of Food Engineering*, 240, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.019>
- Plaza, M., & Turner, C. (2017). Pressurized Hot Water Extraction of Bioactives. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 76, 53–82. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.12.005>
- Rahmawati, S. I. (2018). Teknik Ekstraksi Tanaman Obat Menggunakan Pressurized Liquid Extraction (PLE). *BioTrends*, 9(1), 20–25.
- Ramoko, H., & Ramadhania, Z. M. (2018). Review: Pengembangan Metode Ekstraksi Senyawa Azadiraktin dan Analisis Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). *Farmaka*, 16(2), 117–124. <https://doi.org/10.24198/jf.v16i2.17630>
- Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2019). Extraction of Phenolic Compounds from Lime Peel Waste using Ultrasonic-Assisted and Microwave-Assisted Extractions. *Food Bioscience*, 28 (March 2018), 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.01.017>
- Rutkowska, M., Namieśnik, J., & Konieczka, P. (2017). Ultrasound-Assisted Extraction. The Application of Green Solvents in Separation Processes, 301–324. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805297-6.00010-3>

- Santos, P. H., Baggio Ribeiro, D. H., Micke, G. A., Vitali, L., & Hense, H. (2019). Extraction of Bioactive Compounds From Feijoa (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret) Peel by Low and High-Pressure Techniques. *Journal of Supercritical Fluids*, 145, 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.12.016>
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011). Extraction, Isolation and Characterization of Bioactive Compounds from Plants' Extracts. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i1.60483>
- Streimikyte, P., Viskelis, P., & Viskelis, J. (2022). Enzymes-Assisted Extraction of Plants for Sustainable and Functional Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4). <https://doi.org/10.3390/ijms23042359>
- Tetti, M. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*, 7(2), 361–367. <https://doi.org/10.24252/kesehatan.v7i2.55>
- Utami, N. F., Sutanto, Nurdayanty, S. M., & Suhendar, U. (2020). Pengaruh Berbagai Metode Ekstraksi pada Penentuan Kadar Flavonoid Ekstrak Etanol Daun Iler (*Plectranthus scutellarioides*). *Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 10(1), 76–83. <https://doi.org/10.33751/jf.v10i1.2069>
- Warsito, M. F. (2018). Analisis Metabolomik : Metode Modern dalam Pengujian Kualitas Produk Herbal. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 9 (April), 27–31.
- Xi, J., Shen, D., Li, Y., & Zhang, R. (2011). Ultrahigh Pressure Extraction as a Tool To Improve The Antioxidant Activities of Green Tea Extracts. *Food Research International*, 44(9), 2783–2787. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.001>
- Yahya, N. A., Attan, N., & Wahab, R. A. (2018). An Overview of Cosmeceutically Relevant Plant Extracts and Strategies for Extraction of Plant-Based Bioactive Compounds. *Food and Bioproducts Processing*, 112 (September), 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.002>
- Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: A Comprehensive Review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>
- Luminescence. 29(7): 893-900. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>