



Teknik ekstraksi dan nanoenkapsulasi komponen bioaktif buah malaka: tinjauan literatur

Nida El Husna^{1,2}, Erliza Noor^{3*}, Farah Fahma³, Titi Candra Sunarti³

¹Program Studi Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB University, Bogor, Indonesia

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

³Program Studi Teknik Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

Article history

Diterima:

9 November 2021

Diperbaiki:

30 Desember 2021

Disetujui:

30 Desember 2021

Keyword

Malacca; Amla; *Emblica officinalis*; Bioactive components; Extraction; Nanoencapsulation

ABSTRACT

*The bioactive components of malacca (*Emblica officinalis*), which consist of phenolic, alkaloids, phytosterols, organic acids, and vitamins, are valuable for human health. The yield and quality of the bioactive components in the extract highly depend on the extraction technique, so it is essential to know the development of research on extraction techniques of the bioactive components of malacca fruit. In addition, the bioactive components in the extract have limitations in their application due to their stability, solubility, absorption, and bioavailability properties. Currently, nanoencapsulation technology has been applied to extracts of bioactive components to improve their properties. This review aims to provide comprehensive information about extraction techniques to obtain bioactive components of malacca fruit and presents the technique and purpose of the nanoencapsulation of malacca fruit extract. In addition to conventional techniques, several modern extraction techniques such as microwave-assisted extraction (MAE), ultrasound (UAE), pulsed electric field (PEF), and supercritical fluid (SFE) have been used to extract bioactive components of malacca fruit. UAE proved to be the best method for extracting phenolic compounds from malacca fruit. The application of nanoencapsulation technology to malacca fruit extract consisting of nanoliposomes and nanoparticles can improve the permeability and stability of the antioxidant components of malacca fruit extract.*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : erlizanoor@apps.ipb.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v16i2.12433

PENDAHULUAN

Buah malaka atau dikenal dengan nama amla (*Embllica officinalis/ Phyllanthus emblica*) mengandung sejumlah komponen bioaktif yang memiliki potensi farmakologis sehingga telah lama digunakan dalam sistem pengobatan herbal di China, Tibet, dan India (Bhagat, 2016; Pathak, 2003). Tanaman malaka juga termasuk tanaman asli Indonesia yang tersebar di pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Maluku, dan Nusa Tenggara (Uji, 2007). Komponen bioaktif buah malaka diketahui bermanfaat sebagai antioksidan, *antiaging*, antikolesterol, anti diabetes, immunomodulator, antipiretik, analgesik, antiinflamasi, kemoprotektif, hepatoprotektif, kardioprotektif, anti mutagen, dan antimikrobal (Bhagat, 2016; Hasan *et al.*, 2016).

Komponen bioaktif suatu bahan dapat diperoleh dengan cara ekstraksi. Teknik ekstraksi sangat menentukan perolehan komponen bioaktif baik dalam jumlah maupun kualitasnya (da Silva *et al.*, 2016). Terdapat berbagai teknik ekstraksi baik konvensional maupun modern, dan setiap teknik ekstraksi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Teknik ekstraksi modern dikembangkan dengan tujuan mengurangi penggunaan pelarut, waktu ekstraksi, meningkatkan rendemen dan kualitas ekstrak dibandingkan dengan teknik konvensional (Azmir *et al.*, 2013).

Sediaan komponen bioaktif hasil ekstraksi dalam bentuk ekstrak pekat dan kering biasanya memiliki keterbatasan dari segi stabilitas, kelarutan di dalam air dan lemak, rendahnya absorpsi, dan bioavailabilitas (Jafari, 2017), sehingga mengurangi manfaat dari komponen bioaktif. Nanoenkapsulasi yang membungkus komponen bioaktif menggunakan bahan tertentu dengan skala nanometer berpeluang untuk memperbaiki keterbatasan sifat pada ekstrak tersebut. Nanoenkapsulasi dapat diaplikasikan untuk sejumlah tujuan baik untuk aplikasi pangan, obat-obatan, maupun kosmetika.

Beberapa tahun terakhir, sejumlah tulisan yang mengulas tentang buah malaka telah dipublikasi diantaranya mengenai agronomi tanaman malaka (Pareek dan Pratap, 2011; Pathak, 2003), komposisi komponen bioaktif buah malaka (Gaire dan Subedi, 2015; Yang dan Liu, 2014), dan potensi farmakologisnya (Bhagat, 2016; Dasaraju dan Gottumukkala, 2014; Gaire dan

Subedi, 2015; Hasan *et al.*, 2016; Jain *et al.*, 2015). Namun, tinjauan mengenai perkembangan riset teknik ekstraksi dan nanoenkapsulasi terhadap komponen bioaktif buah malaka hingga saat ini belum dilakukan. Oleh karena itu tulisan ini membahas secara menyeluruh teknik ekstraksi yang telah diterapkan untuk mengekstraksi komponen bioaktif buah malaka, serta aplikasi teknologi nanoenkapsulasi dan keuntungannya terhadap ekstrak buah malaka.

METODE

Artikel ini disusun berdasarkan studi literatur yang diperoleh dari sejumlah portal basis data antara lain *Scopus*, *Science direct*, *PubMed*, *Google Cendekia*, dan *Research Gate*. Kata kunci yang digunakan untuk memperoleh artikel rujukan adalah kombinasi dari kata malaka, amla, *Embllica officinalis*, *bioactive component*, *extraction*, dan *nanoencapsulation* hingga bulan Maret 2021. Selain itu, untuk memberikan tambahan informasi juga digunakan literatur mengenai ekstraksi dan nanoenkapsulasi secara umum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Bioaktif Buah Malaka

Komponen bioaktif bahan alam didefinisikan sebagai metabolit sekunder yang menyebabkan efek farmakologis pada manusia dan hewan. Komponen bioaktif buah malaka terdiri atas kelompok senyawa fenolik (tanin, asam fenolik, dan flavonoid), alkaloid, fitosterol, terpenoid, asam organik, asam amino, dan vitamin.

Kelompok senyawa fenolik (tanin, asam fenolik dan flavonoid) merupakan komponen bioaktif utama pada buah malaka. Emblikanin A, B, puniglukonin, pedunculagin (Ghosal *et al.*, 1996), geranin, isokorilagin (Liu *et al.*, 2008), korilagin, asam chebulanat, asam chebulagat, isostriktinin (Zhang *et al.*, 2003), asam mukosa galat, asam mukosa lakton galat, digalloilglukosa (Yang dan Liu, 2014; Zhang *et al.*, 2001), metil galat, etil galat, monogalloil glukosa, putranjivin A, galloil-HHDP-glukosa, dan elaeokarpusin (Yang *et al.*, 2012) adalah tanin hidrolisat yang terdapat pada buah malaka. Komponen bioaktif lainnya adalah asam fenolik seperti asam galat, asam elagat (Luo *et al.*, 2009), asam klorogenat (Sawant *et al.*, 2011), asam malat, asam chebulat, dan asam sinamat (Yang *et al.*, 2012). Buah malaka juga mengandung senyawa flavonoid seperti kuersetin, kaempferol (Liu *et al.*, 2008), dan rutin (Sawant *et al.*, 2011). Beberapa senyawa

fenolik utama buah malaka beserta potensi farmakologis ditunjukkan pada Tabel 1.

Selain senyawa fenolik, komponen bioaktif lainnya (Tabel 2) dengan jumlah lebih kecil pada buah malaka adalah alkaloid (fillantina fillantudina, fillembein (Hasan *et al.*, 2016), dan 5-isokuinolinol (Nicolis *et al.*, 2008)); fitosterol (daukosterol, sitosterol, kamfesterol, dan stigmasterol (Judprasong *et al.*, 2013; Luo *et al.*, 2009)), dan terpenoid (kariofilen, bourbonen, 1-octen-3-ol, timol, dan metil eugenol) (Liu *et al.*, 2009a). Selain itu terdapat asam organik (asam sitrat), asam amino (asam glutamat, prolin, asam aspartat, alanin, dan lisin) (Hasan *et al.*, 2016), dan vitamin C (asam askorbat) (Scartezini *et al.*, 2006).

Teknik ekstraksi komponen bioaktif buah malaka

Teknik ekstraksi diklasifikasikan menjadi teknik ekstraksi konvensional dan modern. Berdasarkan tinjauan literatur, sejumlah teknik ekstraksi telah digunakan untuk mengekstrak komponen bioaktif buah malaka, baik melalui teknik konvensional yaitu maserasi, perebusan, refluks, dan hidrodistilasi (Tabel 3) maupun teknik modern yaitu ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (*microwave assisted extraction*, MAE), ultrasonik (*ultrasonic assisted extraction*, UAE), medan elektik (*pulse electric*

field, PEF), dan fluida superkritis (*supercritical fluid extraction*, SFE) (Tabel 4).

Ekstraksi dengan teknik konvensional

Maserasi, merupakan teknik ekstraksi yang paling banyak digunakan pada penelitian buah malaka. Maserasi melibatkan perendaman bahan dalam wadah dengan pelarut yang sesuai pada suhu kamar selama waktu tertentu dengan atau tanpa pengadukan (Azwanida, 2015). Ekstraksi komponen bioaktif buah malaka dilakukan mulai dari 3 jam (Liu, 2008) hingga 7 hari (Alagar *et al.*, 2014; Majeed *et al.*, 2009). Rendemen ekstrak diperoleh berkisar antara 0,7 % hingga 96 %. Perbedaan rendemen lebih disebabkan oleh perbedaan kondisi bahan baku yang digunakan, selain juga karena perbedaan waktu ekstraksi dan pelarut. Penggunaan buah segar untuk ekstraksi menghasilkan rendemen sebesar 0,7 % (Majeed *et al.*, 2009), sedangkan penggunaan bubuk dari perasan buah menghasilkan rendemen sebesar 96 % (Zhang *et al.*, 2001). Pada kondisi bahan baku yang sama (bubuk buah), rendemen dipengaruhi oleh waktu ekstraksi, yaitu 21,5 % untuk ekstraksi selama 3 jam (Liu *et al.*, 2008), dan mencapai 56,25 % bila diekstrak selama 7 hari (Alagar *et al.*, 2014). Waktu perendaman semakin lama semakin melunakkan dinding sel bahan sehingga komponen bioaktif yang dapat dilepaskan semakin banyak.

Tabel 1 Senyawa fenolik utama buah malaka

Nama komponen	Rumus molekul	Aktivitas farmakologis	Referensi
Emblicanin A	C ₃₄ H ₂₂ O ₂₂	Antioksidan, kardioprotektif, antiinflamasi	(Ghosal <i>et al.</i> , 1996; Hasan <i>et al.</i> , 2016; Usharani <i>et al.</i> , 2013; Yang dan Liu, 2014)
Emblicanin B	C ₃₄ H ₂₀ O ₂₂	Antioksidan, kardioprotektif, antiinflamasi	(Ghosal <i>et al.</i> , 1996; Hasan <i>et al.</i> , 2016; Usharani <i>et al.</i> , 2013)
Asam galat	C ₇ H ₆ O ₅	Antioksidan, kardioprotektif, antimutagen, kemoprotektif, antidiabetes, antiinflamasi, antiproliferasi	(Baliga dan Dsouza, 2011; Luo <i>et al.</i> , 2011, 2009; Variya <i>et al.</i> , 2016; Yang dan Liu, 2014)
Asam elagat	C ₁₄ H ₆ O ₈	Antioksidan, antiproliferasi, kemoprotektif, antiinflamasi	(Baliga dan Dsouza, 2011; Luo <i>et al.</i> , 2011, 2009; Variya <i>et al.</i> , 2016)
Asam chebulanat	C ₄₁ H ₃₂ O ₂₇	Antioksidan, antisekretori, krioprotektif	(Baliga dan Dsouza, 2011; Fazil dan Nikhat, 2019)
Asam chebulagat	C ₄₁ H ₃₀ O ₂₇	Antioksidan, antiinflamasi, antidiabetes, antiproliferasi	(Luo <i>et al.</i> , 2011; Variya <i>et al.</i> , 2016)
Kuersitin	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	Kemoprotektif, antidiabetes, hepatoprotektif	(Luo <i>et al.</i> , 2009; Srinivasan <i>et al.</i> , 2017; Variya <i>et al.</i> , 2016)
Puniglukonin	C ₃₄ H ₂₆ O ₂₃	Antioksidan, antiinflamasi	(Hasan <i>et al.</i> , 2016; Variya <i>et al.</i> , 2016)
Pedunkulagin	C ₃₄ H ₂₄ O ₂₂	Antioksidan, gonadotropik, antiinflamasi	(Hasan <i>et al.</i> , 2016; Khaled <i>et al.</i> , 2019; Variya <i>et al.</i> , 2016)

Tabel 2 Beberapa senyawa non-fenolik buah malaka

Nama komponen	Rumus molekul	Aktivitas farmakologis	Referensi
Fillantina	C ₁₄ H ₁₇ NO ₃	Antioksidan, antibakteri, immunomodulator	(Dhale dan Mogle, 2014; Fazil dan Nikhat, 2019; Mathai <i>et al.</i> , 2015; Poltanov <i>et al.</i> , 2009)
Fillantidina	C ₁₃ H ₁₅ NO ₃	Neuroprotektif, immunomodulator	(Dhale dan Mogle, 2014; Hasan <i>et al.</i> , 2016; Mathai <i>et al.</i> , 2015)
5-isokuino linol	C ₉ H ₇ NO	Antiinflamasi, antioksidan	(De Almeida <i>et al.</i> , 2017; Nicolis <i>et al.</i> , 2008; Sireesha <i>et al.</i> , 2019)
Daukosterol	C ₃₅ H ₆₀ O ₆	Antioksidan, antikolesterol, kemoprotektif, antiinflamasi	(Liu <i>et al.</i> , 2009a; Marineli <i>et al.</i> , 2015; Salehi <i>et al.</i> , 2021)
Sitosterol	C ₂₉ H ₅₀ O	Antioksidan, antikolesterol, kemoprotektif, antiinflamasi	(Judprasong <i>et al.</i> , 2013; Marineli <i>et al.</i> , 2015; Salehi <i>et al.</i> , 2021)
Kariofilen	C ₁₅ H ₂₄	Antibakteri, antioksidan	(Dhale dan Mogle, 2014; Liu <i>et al.</i> , 2009a; Milanda <i>et al.</i> , 2017)
Bourbonen	C ₁₅ H ₂₄	Antibakteri, antioksidan	(Dhale dan Mogle, 2014; Liu <i>et al.</i> , 2009a; Milanda <i>et al.</i> , 2017)
Asam akorbat	C ₆ H ₈ O ₆	Antioksidan, antiinflamasi immunomodulator	(Bhagat, 2016; Mathai <i>et al.</i> , 2015; Scartezzini <i>et al.</i> , 2006)

Pelarut yang telah digunakan untuk ekstraksi buah malaka antara lain aseton (Zhang *et al.*, 2001), air (Majeed *et al.*, 2009), etanol (Luo *et al.*, 2009; Okonogi *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014), metanol (Liu *et al.*, 2008), dan etil asetat (Kumari dan Khatkar, 2016). Pelarut yang paling efektif untuk mengekstrak komponen bioaktif buah malaka adalah metanol dibanding pelarut lainnya (etanol dan etil asetat, dan air). Ekstrak metanol memiliki kandungan fenolik 385,5 mgGAE/g dengan aktivitas antioksidan 10,72µg/ml tertinggi (Kumari dan Khatkar, 2016).

Untuk memperoleh ekstrak yang lebih selektif sesuai dengan kepolarannya dilakukan fraksinasi menggunakan sejumlah pelarut, seperti heksana, kloroform, etil asetat, butanol, dietil eter, dan air. Fraksinasi menggunakan etil asetat menghasilkan fraksi dengan total fenol dan aktivitas antioksidan tertinggi dibanding dengan pelarut lainnya (Liu *et al.*, 2008; Okonogi *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa penyumbang aktivitas antioksidan tertinggi buah malaka adalah senyawa semipolar, seperti geraniin, kuersetin, kaempferol, isokorilagin (Liu *et al.*, 2008).

Perebusan, memiliki prinsip yang sama dengan teknik maserasi, tetapi bahan direndam dalam air panas (mencapai titik didih) selama waktu tertentu dengan waktu yang lebih singkat. Perebusan buah malaka selama 1 jam

menghasilkan ekstrak dengan rendemen 8,76 % dan total fenol 342,2 mgGAE/g (Charoenteeraboon *et al.*, 2010). Studi lain membandingkan teknik perebusan buah malaka (waktu 10 menit dan bahan/pelarut 20g/320ml) dengan teknik maserasi. Teknik perebusan menghasilkan rendemen (60,95 %) lebih besar dibandingkan dengan teknik maserasi menggunakan air (55,95 %) dan etanol (56,25 %) yang dilakukan selama 7 hari (Alagar *et al.*, 2014). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak buah malaka hasil perebusan selama 15 menit juga lebih besar dari teknik maserasi menggunakan etanol selama 24 jam, yang ditunjukkan dari perbedaan aktivitas antioksidan nanokapsul menggunakan kedua jenis ekstrak (Renuka *et al.*, 2013). Penggunaan panas pada proses perebusan menyebabkan komponen bioaktif dapat terekstrak lebih banyak karena perpindahan massa akan lebih cepat terjadi pada suhu lebih tinggi. Meskipun terdapat kemungkinan terjadinya degradasi komponen bioaktif akibat suhu tinggi, tetapi waktu ekstraksi yang singkat membatasi proses tersebut. Selain itu komponen bioaktif yang terdapat pada buah malaka seperti asam fenolik dan flavonoid relatif stabil pada suhu tinggi (Trusheva *et al.*, 2007).

Refluks. Pada ekstraksi menggunakan teknik refluks, buah malaka ditempatkan dengan pelarut di dalam alat refluks menggunakan pemanasan pada suhu tertentu yang menyebabkan penguapan

sebagian pelarut dan uap ditangkap oleh kondensor untuk dikembalikan ke dalam tabung. Pelarut metanol (Patel dan Telange, 2011), etanol (Ahmed *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2015), dan air (Wang *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2021) telah digunakan untuk ekstraksi buah malaka dengan teknik refluks. Pelarut air mampu menghasilkan rendemen ekstrak paling tinggi. Bubuk buah

malaka yang diekstrak menggunakan air dengan bahan/pelarut 0,24 g/ml pada suhu 100 °C selama 2 dan 4 jam menghasilkan rendemen berturut-turut 34,91 % dan 41,3 % (Wei *et al.*, 2021). Penelitian lainnya yang menggunakan air sebagai pelarut dengan bahan/pelarut 1 g/ml selama 1,5 jam menghasilkan rendemen 21,5 % (Wang *et al.*, 2017).

Tabel 3 Kondisi proses dan hasil ekstraksi buah malaka dengan berbagai teknik konvensional

Teknik	Kondisi ekstraksi	Hasil	Referensi
Maserasi	Aseton 60 %, 25 °C	Rendemen ekstrak 96 %, senyawa murni 0,32 %	(Zhang <i>et al.</i> , 2001)
	Metanol 60 %, bahan/ pelarut 1/10, 50 °C, 3 jam, fraksinasi: etil eter; etil asetat;butanol;air	Rendemen 21,5 %. Fraksi etil asetat memiliki total fenol tertinggi.	(Liu <i>et al.</i> , 2008)
	Air, bahan/air 5 kg/6L, 25 °C, 2 hari	Rendemen 0,7 %	(Majeed <i>et al.</i> , 2009)
	Etanol 95 %, bahan/pelarut 1,1 kg/10L, 25 °C, 7 hari	Rendemen 40,9 %	(Luo <i>et al.</i> , 2009)
	Etanol 95 %, fraksinasi: heksana;kloroform;etil asetat;butanol.	Rendemen 21,23 %. Fraksi etil asetat memiliki antioksidan tertinggi	(Okonogi <i>et al.</i> , 2010)
	Air, etanol, bahan/pelarut 20 g/360ml, 25 °C, 7 hari	Rendemen 55,95 % (air), 56,25 % (etanol)	(Alagar <i>et al.</i> , 2014)
	Etanol 80 %, bahan/pelarut 5 kg/20L, fraksinasi: eter; butanol;;etil asetat	Rendemen 11 %. Fraksi etil asetat memiliki rendemen tertinggi	(Zhang <i>et al.</i> , 2014)
Perebusan	Metanol, Etanol 95 %, Etil asetat 80 % 25 °C	Total fenol tertinggi 385,5 mg GAE/g (ekstrak metanol)	(Kumari dan Khatkar, 2016)
	Air, 100 °C, 1 jam	Rendemen 8,76 %. Total Fenol 342,2 mg GAE/g	(Charoenteeraboon <i>et al.</i> , 2010)
	Air, bahan/air 20 g/320ml, 100 °C, 10 menit	Rendemen 60,95 %	(Alagar <i>et al.</i> , 2014)
Refluks	Air, 100 °C, 15 menit	Aktivitas antioksidan lebih tinggi dari maserasi	(Renuka <i>et al.</i> , 2013)
	Air, Bahan/pelarut 0,24 g/ml, 100 °C, 2;4 jam	Rendemen 34,91 % (2jam) dan 41,3 % (4 jam)	(Wei <i>et al.</i> , 2021)
	Air, Bahan/pelarut 1 g/1ml, 1,5 jam	Rendemen 21,5 %	(Wang <i>et al.</i> , 2017)
	Etanol, Bahan/pelarut 1 g/ 10ml, 80 °C, 4 jam	Rendemen 18,8 %	(Ahmed <i>et al.</i> , 2020)
	Etanol 50, 60, 70 %; 60, 70, 80 °C; 100, 120, 140 menit, pelarut/bahan 15, 20, 25	Rendemen 8,603 %: etanol 60,14 %, 80 °C, 126,87 menit, pelarut/bahan 25	(Wang <i>et al.</i> , 2015)
Hidro distilasi	Metanol, Bahan/pelarut 1 g/1000ml	Rendemen asam galat 3,01 %	(Patel dan Telange, 2011)
	100° C, 4-6 jam	Rendemen 0,7 %	(Liu et al. 2009)
	80-100 °C, 4 jam.	Rendemen 0,11 %	(Amir <i>et al.</i> , 2014)

Pelarut etanol yang dipelajari menggunakan teknik refluks dengan perbandingan bahan/pelarut 1 g/10ml, suhu 80 °C, selama 4 jam menghasilkan rendemen 18,8 % (Ahmed *et al.*, 2020). Kondisi optimum ekstraksi komponen flavonoid buah malaka dengan teknik refluks menggunakan pelarut etanol berdasarkan faktor konsentrasi pelarut (etanol), suhu, waktu dan rasio pelarut dan padatan diperoleh pada konsentrasi etanol 60,14 %, suhu 80 °C, rasio 25, dan waktu ekstraksi 126,87 menit dengan rendemen 8,603 %. Faktor yang paling berpengaruh adalah suhu ekstraksi, diikuti dengan perbandingan bahan dan pelarut, waktu, serta konsentrasi etanol (Wang *et al.*, 2015). Penelitian lainnya mempelajari metanol sebagai pelarut, dengan perbandingan bahan pelarut 1 g/1000ml dan diperoleh informasi ekstrak yang dihasilkan mengandung asam galat sebesar 3,01 % dan asam askorbat sebesar 11,56 % (Patel dan Telange, 2011).

Hidrodistilasi, digunakan untuk mengekstraksi komponen bioaktif yang bersifat volatil. Ekstraksi buah malaka dilakukan di dalam bejana (*cleverger apparatus*) yang berisi air dan dipanaskan hingga mencapai titik didih. Uap yang dihasilkan dikondensasi dan komponen volatil diperoleh dengan mendekantasi air. Senyawa volatil buah malaka dengan rendemen sebesar 0,7 % (bk) diperoleh dengan mengekstrak bubuk buah malaka dalam alat hidrodistilasi pada suhu 100 °C selama 4-6 jam (Liu *et al.*, 2009a). Komponen volatil utama buah malaka yang diidentifikasi antara lain β -kariofilen, β -bourbonen, 1-octen-3-ol, timol, dan metileugenol. Teknik hidrodistilasi juga dipelajari dengan mengekstrak buah malaka segar pada suhu 80-100 °C selama 4 jam, selanjutnya lapisan air hasil dekantasi diekstrak kembali menggunakan heksana dan menghasilkan rendemen total sebesar 0,11 % (Amir *et al.*, 2014). Berbeda dengan Liu *et al.* (2009), komponen volatil utama yang terdeteksi pada ekstrak adalah senyawa ester, hidrokarbon, aldehid, alkohol, dan keton. Perbedaan varietas menyebabkan perbedaan komposisi kimia ekstrak (Amir *et al.*, 2014). Studi lainnya menggunakan teknik hidrodistilasi pada suhu 100 °C selama 4 jam menyimpulkan ekstrak senyawa volatil buah malaka memiliki kemampuan aktivitas antibakteri yang cukup baik (Saxena dan Patil, 2014)

Ekstraksi dengan teknik modern

Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (*Microwave Assisted Extraction*, MAE),

merupakan teknik ekstraksi yang menggunakan radiasi elektromagnetik gelombang mikro (300 MHz - 300 GHz) untuk memecah matriks sampel sehingga komponen bioaktif lebih mudah diekstrak (Azmir *et al.*, 2013). Kecepatan difusi ekstraksi komponen bioaktif buah malaka teknik MAE dipelajari dengan menempatkan wadah berisi buah malaka dan pelarut (air) yang diaduk terus menerus selama 30 menit di dalam oven *microwave* 800 W yang dilengkapi dengan kondensor. Total flavonoid berkisar antara 0,28-0,79 mgQE/ml pada faktor pelarut/bahan (5-40) dan suhu 40-100 °C. Koefisien difusi perpindahan massa teknik MAE diperoleh 2 kali lebih besar dibandingkan dengan teknik refluks menggunakan 3 pelarut secara bertahap (kloroform, metanol dan air), dengan rasio pelarut dan bahan 50 ml/g selama 36 jam. Komposisi ekstrak yang diperoleh menggunakan teknik MAE relatif sama dengan teknik refluks (Krishnan dan Rajan, 2017).

Penelitian lainnya juga melaporkan bahwa teknik MAE lebih efektif dibandingkan dengan teknik maserasi. Total fenol teknik MAE 1,45 kali lebih besar dibandingkan dengan total fenol teknik maserasi. Etanol digunakan sebagai pelarut dan faktor yang dipelajari adalah konsentrasi etanol (10–90 %), daya 80-720 W, pelarut/bahan 10–40 mL/g, dan waktu 10–50 detik. Total fenol optimum 133,58 mg GAE/g diperoleh pada konsentrasi etanol 66%, 480 W, rasio 25 mL/g, 29 detik dengan frekuensi 2450 MHz, sedangkan teknik maserasi menggunakan etanol 70 % suhu 27 °C selama 8 jam menghasilkan total fenol 92 mg GAE/g (Li *et al.*, 2019).

Selain itu, faktor rasio pelarut dan bahan serta daya gelombang mikro juga dikaji terhadap kandungan tanin di dalam ekstrak (Iriany *et al.*, 2021; Namira, 2021). Pelarut air untuk ekstraksi teknik MAE dipelajari dengan faktor pelarut/bahan (10-30 ml/g), daya (100-600 W), dan waktu (1;3 menit). Rendemen tanin tertinggi sebesar 32,70 mg/g diperoleh pada kondisi pelarut/bahan 30 ml/g, daya 100 W selama 1 menit (Namira, 2021). Ekstraksi menggunakan pelarut etil asetat dikaji dengan faktor pelarut/bahan (10-50 ml/g) dan daya (100-600 W) selama 1 menit. Rendemen tanin tertinggi 36,86 mg/g diperoleh pada pelarut/bahan 50 ml/g dan daya 100 W (Iriany *et al.*, 2021). Semakin tinggi rasio pelarut dan bahan maka semakin banyak tanin yang terekstrak, sedangkan semakin tinggi daya semakin rendah tanin yang terekstrak dari bahan.

Tabel 4 Kondisi proses dan hasil ekstraksi buah malaka dengan berbagai teknik modern

Teknik	Kondisi ekstraksi	Hasil	Referensi
MAE	Air, pelarut/bahan (5-40), 40-100 °C	Total flavonoid 0,28-0,79 mgQE/ml. Kecepatan ekstraksi MAE 2 kali teknik refluks	(Krishnan dan Rajan, 2017)
	Etanol (10–90 %), 80-720 W, pelarut/bahan 10–40 mL/g, 10–50 detik, 2450 MHz	Total fenol optimum 133,62 mg GAE/g: etanol 66 %, 480 W, rasio 25 mL/g, 29 detik. Total fenol MAE 1,45 kali teknik maserasi	(Li <i>et al.</i> , 2019)
	Air, pelarut/bahan 10-30 ml/g, 100-600W, 1-3 menit	Rendemen tanin 32,70 mg/g: 100 W, pelarut/bahan 30 ml/g, 1 menit	(Namira, 2021)
UAE	Etil asetat, pelarut/bahan 10-50 ml/g, 100-600 W, 1 menit	Rendemen tanin tertinggi 36,86 mg/g: rasio 50m l/g, 100W	(Iriany <i>et al.</i> , 2021)
	Etanol (50-90 %), 15-60 menit, 28-56 kHz, bahan/pelarut 1/50, 60 °C	Rendemen optimum 56,82 %: etanol 70 %, 15 menit, 56 kHz. Total fenol UAE 3,4 kali teknik konvensional	(Tsai <i>et al.</i> , 2014)
	Air, metanol:air (50:50- 80:20), metanol, 20 menit	Hasil terbaik: pelarut metanol:air (70:30)	(Sawant <i>et al.</i> , 2011)
	Metanol dan campuran (Air:etanol:metanol:aseton: klorofom 1:2,5:2,5:2,2), pelarut/ bahan 60 ml/g, 25 °C	Rendemen tertinggi 41,33 % (w/v) dari campuran air:etanol:metanol:aseton:klorofom	(Al-Samman <i>et al.</i> , 2019)
PEF	Metanol, bahan/pelarut 0,5 g/10ml, 5 menit	Identifikasi senyawa ellagitannin, flavonoid, asam galat dan turunannya	(Yang <i>et al.</i> , 2012)
	18-24 kV/cm, 300–1,000 µdet, 1 Hz	Kondisi optimum: 22 kV/cm, 500 µdet. Rendemen quersetin 9 kali dan asam ellagat 2 kali pemanasan	(Bansal <i>et al.</i> , 2014a)
	18-24 kV/cm, 500 µdet, 1 Hz	Total fenol PEF 1,06 kali dari teknik tanpa pemanasan dan 1,42 kali dengan pemanasan	(Bansal <i>et al.</i> , 2014b)
SFE	CO ₂ 2.5 mL/menit, 35 °C, 20 Mpa, , 3 jam	Rendemen 3,8 %. Rendemen SFE 5,4 kali teknik hidrodistilasi	(Liu <i>et al.</i> , 2009a)
	CO ₂ -metanol, laju alir CO ₂ 2,5 mL/menit, metanol 10-30 ml, 15-25 MPa, 25-45°C, 1-3 jam	Rendemen tertinggi 2,5 %: 20 MPa, 35 °C, 3 jam, metanol 10 mL. Rendemen, aktivitas antioksidan lebih rendah dari teknik maserasi	(Liu <i>et al.</i> , 2009b)
	CO ₂ 25 kg/jam, 100-120 bar 1 jam, 120-150 bar 1 jam, 175-200 bar 1 jam, 300-350 bar 3,5 jam, 50 °C	Rendemen ester asam galat lebih dari 40 %, lebih besar dibanding teknik konvensional	(Majeed <i>et al.</i> , 2010)

Ekstraksi dengan bantuan ultrasonik (*Ultrasound Assisted Extraction, UAE*), merupakan teknik ekstraksi menggunakan gelombang suara (20 kHz - 100 Mhz) untuk membantu pemecahan dinding sel bahan (Azmir *et al.*, 2013). Ekstraksi komponen bioaktif buah malaka menggunakan teknik UAE dilakukan menggunakan alat *ultrasonic bath*. Bubuk buah malaka diekstrak dengan pelarut etanol dengan mempelajari faktor konsentrasi etanol (50-90 %),

waktu (15-60 menit), dan frekuensi (28-56 kHz), dan dibandingkan dengan teknik konvensional (konsentrasi etanol 70 %, 60 °C, selama 15 menit) (Tsai *et al.*, 2014). Rendemen fenolik optimum 56,82 % diperoleh pada kondisi suhu 60 °C, etanol 70 %, frekuensi 56 kHz, serta bahan/pelarut 1/50 selama 15 menit. Teknik UAE sangat efektif untuk mengekstrak komponen fenolik dari buah malaka dengan nilai total fenol ekstrak 3,4 kali lebih besar dari teknik konvensional (Tsai *et al.*, 2014).

Teknik UAE terbukti mampu mengekstrak senyawa fenolik secara efisien dan cepat akibat dari perusakan jaringan buah malaka yang dihasilkan dari kavitas gelombang ultrasonik.

Peneliti lain mempelajari faktor pelarut yaitu air, metanol:air (50:50; 60:40; 70:30; 80:20), dan metanol pada ekstraksi buah malaka menggunakan teknik UAE. Campuran metanol:air (70:30) atau metanol 70 % menghasilkan ekstrak yang mengandung seluruh senyawa fenolik utama buah malaka (Sawant *et al.*, 2011). Penelitian lainnya menjelaskan bahwa penggunaan campuran pelarut (air:etanol:metanol:aseton:kloroform = 1:2,5:2,5:2,2) untuk ekstraksi buah malaka dengan teknik UAE pada frekuensi 33/40 kHz, daya 200 W, pelarut/bahan 60 ml/g, suhu 25 °C, selama 20 menit menghasilkan ekstrak dengan rendemen 41,33 w/v lebih tinggi dibanding menggunakan pelarut metanol murni (23 w/v) (Al-Samman *et al.*, 2019). Ekstrak metanol dari teknik UAE pada kondisi bahan/pelarut 0,5 g/10ml selama 5 menit juga telah digunakan untuk mengidentifikasi keseluruhan senyawa fenolik buah malaka (Yang *et al.*, 2012).

Ekstraksi dengan bantuan medan elektrik (*Pulsed electric field, PEF*), menggunakan medan elektrik untuk merusak sel dengan menghasilkan pori pada membran sel untuk meningkatkan permeabilitas (Bryant dan Wolfe, 1987). Ekstraksi komponen bioaktif buah malaka dengan teknik PEF dilakukan menggunakan generator PEF.

Jus buah malaka ditempatkan di dalam tabung 2 ml yang dilengkapi dengan dua elektroda dengan jarak 10 mm. Ekstraksi dilakukan dengan variasi daya 18-24 kV/cm dan waktu 300–1.000 µdet. Kondisi optimum berdasarkan indeks disintegrasi sel diperoleh pada daya 22 kV/cm selama 500 µdetik. Teknik PEF mampu meningkatkan jumlah quersetin sembilan kali dan asam ellagat menjadi dua kali lebih besar dari pemanasan pada suhu 90 °C selama 60 detik (Bansal *et al.*, 2014a).

Selain itu, kemampuan teknik PEF untuk mengekstrak komponen fenolik secara keseluruhan berdasarkan total fenol ekstrak dipelajari pada daya 18-24 kV/cm, frekuensi 1 Hz, dengan waktu ekstraksi 500 µdet. Total fenol ekstrak PEF (268,09 mgGAE/L) lebih tinggi 1,06 kali dari tanpa pemanasan (252,03 mg GAE/L) dan 1,42 kali dengan pemanasan (188,70 mgGAE/L). Kapasitas antioksidan ekstrak dengan

teknik PEF diperoleh 94,83 %, juga lebih besar dari ekstrak tanpa pemanasan (92,16 %) dan dengan pemanasan (89,42 %) (Bansal *et al.*, 2014b).

Ekstraksi fluida superkritis (*Supercritical fluid extraction, SFE*), merupakan teknik ekstraksi menggunakan fluida superkritis. Teknik SFE telah digunakan untuk ekstraksi komponen volatil (non polar) dan non volatil (polar) buah malaka. Ekstraksi komponen volatil menggunakan CO₂ sebagai fluida superkritis dilakukan pada suhu 35 °C, tekanan 20 Mpa, laju alir CO₂ 2,5 mL/menit selama 3 jam menghasilkan rendemen 3,8 % (bk). Rendemen teknik SFE pada buah malaka 5,4 kali lebih besar dibandingkan dengan teknik hidrodistilasi (Liu *et al.*, 2009a). Teknik SFE mampu menghasilkan ekstrak senyawa volatil dengan rendemen lebih besar dari teknik konvensional (hidrodistilasi) karena pada kondisi superkritis, fluida bersifat di antara cairan dan gas, hal ini menyebabkan fluida lebih mudah masuk ke dalam matriks bahan dan kapasitas fluida menampung komponen bioaktif menjadi lebih besar (Soquetta *et al.*, 2018).

Penelitian lainnya untuk teknik SFE dilakukan menggunakan fluida CO₂-metanol dan hasilnya dibandingkan dengan ekstrak metanol dari teknik maserasi. Teknik SFE dilakukan pada tekanan 15-25 Mpa, suhu 25-45 °C, volume metanol 10-30 ml, laju alir CO₂ 2,5 mL/menit, selama 1-3 jam. Rendemen tertinggi diperoleh sebesar 2,5 % pada tekanan 20 MPa, suhu 35 °C, metanol 10 mL, selama 3 jam, dengan komponen yang teridentifikasi adalah komponen volatil. Rendemen dan aktivitas antioksidan ekstrak dari teknik SFE lebih rendah dibanding ekstrak hasil maserasi metanol 24 jam, karena ekstrak metanol teknik maserasi mengandung komponen fenolik utama buah malaka dengan aktivitas antioksidan tinggi. Akan tetapi, ekstrak teknik SFE memiliki aktivitas antimikrobia lebih tinggi dibandingkan dengan teknik maserasi (Liu *et al.*, 2009b).

Selain itu, teknik SFE juga telah diuji untuk mengekstrak komponen non volatil (fenolik) dari senyawa bioaktif buah malaka. Ekstraksi juga dilakukan menggunakan CO₂ sebagai fluida superkritis, tetapi tekanan fluida superkritis CO₂ diatur berbeda secara bertahap yaitu 100-120 bar 1 jam, 120-150 bar 1 jam, 175-200 bar 1 jam, dan 300-350 bar 3,5 jam, dengan laju alir 25 kg/jam dan suhu 50 °C. Ekstrak yang dihasilkan mengandung ester asam galat lebih dari 40 %, lebih besar dibanding teknik ekstraksi

konvensional menggunakan pelarut air dan etanol pada suhu 70 °C (Majeed *et al.*, 2010).

Penerapan Nanoenkapsulasi pada Komponen Bioaktif Buah Malaka

Teknologi nanoenkapsulasi adalah teknik yang mengemas komponen aktif dalam matriks dengan ukuran nanometer. Komponen bioaktif dalam bentuk nano diharapkan dapat dilepaskan dengan laju terkendali pada kondisi tertentu (Nedovic *et al.*, 2011), dapat meningkatkan bioavailabilitas, kelarutan, stabilitas, potensi farmakologis, dan memperbaiki profil farmakokinetik komponen bioaktif (Jafari, 2017; Paredes *et al.*, 2016). Klasifikasi sistem nanoenkapsulasi pada ekstrak tanaman terdiri atas nanoliposom, nanoemulsi, dan nanopartikel. Sistem nanoenkapsulasi ekstrak buah malaka yang telah diteliti terbatas pada dua sistem, yaitu nanoliposom (Chaudhary *et al.*, 2020; Ingkatawornwong *et al.*, 2008; Raknam, 2012; Utamo *et al.*, 2011) dan nanopartikel (Al-Twaty dan Booles, 2014; Renuka *et al.*, 2013) (Tabel 5).

Nanoliposom

Nanoliposom merupakan sistem nanoenkapsulasi yang terdiri atas molekul amfifilik, seperti fosfolipid yang mengelilingi inti fase air. Nanoliposom ekstrak buah malaka telah diteliti menggunakan teknik injeksi pelarut (Ingkatawornwong *et al.*, 2008; Raknam, 2012), mikrofluidisasi (Utamo *et al.*, 2011), dan emulsi ganda (Chaudhary *et al.*, 2020).

Pada teknik injeksi pelarut (etanol), struktur nanoliposom terdiri atas inti bahan yaitu ekstrak buah malaka yang dikelilingi oleh fase lipid (fosfatidilkolin dari kedelai, tween 80, asam deoksikholik, dan lipid). Fase air (ekstrak malaka, etanol/buffer asetat) dan fase lipid dalam etanol diaduk pada suhu 60 °C hingga pelarut etanol diuapkan dan struktur nanoliposom terbentuk secara spontan. Formulasi fosfatidilkolin kedelai:tween 80: asam deoksikholik (84:16:2,5) menghasilkan nanoliposom ekstrak etanol buah malaka dengan efisiensi enkapsulasi 70,67 % dan ukuran 235,8 nm. Formulasi ini dipilih berdasarkan nilai efisiensi enkapsulasi tertinggi dan penampakan fisik terbaik yaitu koloid berwarna kekuningan (Ingkatawornwong *et al.*, 2008). Penelitian lainnya juga menggunakan formulasi yang sama untuk mengoptimasi fungsi komponen bioaktif ekstrak buah malaka sebagai

antioksidan untuk aplikasi kosmetik. Nanoliposom diperoleh dengan ukuran 247,7 nm dengan efisiensi enkapsulasi 46,79 %. Berdasarkan uji *in vitro* pada kulit selama 12 jam, aktivitas antioksidan dari krim nanoliposom-ekstrak lebih besar dari ekstrak tanpa enkapsulasi. Akumulasi asam galat pada kulit setelah 12 jam menggunakan nanoliposom ekstrak 14,90 µg/cm², lebih besar daripada ekstrak buah 4,82 µg/cm² (Raknam, 2012). Hal ini menunjukkan potensi nanoliposom sebagai sistem penghantaran terkendali komponen antioksidan ekstrak untuk permeasi kulit.

Selain itu, nanoliposom diteliti menggunakan teknik mikrofluidisasi. Nanoliposom diperoleh dari pengadukan antara ekstrak etil asetat buah malaka dan fase lipid (fosfatidilkolin kedelai, tween 80, asam deoksikholik dengan rasio 84:16:2,5 dalam kloroform). Pelarut selanjutnya diuapkan, dan ukuran partikel dikurangi menggunakan *microfluidizer*. Nanoliposom diperoleh dengan ukuran partikel 50-100 nm, potensial zeta -59,1 mV, indeks polidispersitas 0,236, dan efisiensi enkapsulasi 97,12 %. Nanoliposom mengandung asam galat 11,04 mg/g dan aktivitas antioksidan 3,05 mg/ml, serta mampu mempertahankan asam galat sebesar 93,98 % hingga 72 jam (Utamo *et al.*, 2011).

Teknik pembuatan nanoliposom lainnya pada ekstrak buah malaka adalah emulsi ganda dengan sistem emulsi W₁/O/W₂ yaitu fase air bagian dalam (W₁) (ekstrak buah malaka, natrium klorida, natrium azida, dan air), fase lipid (O) (minyak kulit beras dan poligliserol polirikinoleat) dan fase air bagian luar (W₂) (air dan pektin). Emulsi W₁/O dihasilkan dari pengadukan kecepatan tinggi antara fase air (W₁) dan fase lemak (O), dilanjutkan dengan pengadukan kecepatan tinggi antara emulsi W₁/O dan fase air (W₂). Nanoliposom yang dihasilkan memiliki efisiensi enkapsulasi 95,75 %, viskositas 0,715 Pa.det, dan potensial zeta -32,17 mV. Matriks nanoliposom mampu mengikat komponen bioaktif lebih dari 90% dan mampu memproteksi aktivitas antioksidan ekstrak lebih dari 42 hari. Pada hari 63 penyimpanan, aktivitas antioksidan ekstrak nanoliposom berkurang 60,27 %, sedangkan ekstrak tanpa enkapsulasi berkurang hingga 90,42% (Chaudhary *et al.*, 2020).

Tabel 5 Teknik nanoenkapsulasi pada ekstrak buah malaka

Sistem/ Teknik	Bahan enkapsulan	Karakteristik fisik	Keuntungan	Referensi
<i>Nanoliposom</i>				
Injeksi Pelarut	Fosfatidilkolin kedelai, Tween 80, asam deoksikholik	Ukuran 247,7 nm, Efisiensi enkapsulasi (EE) 46,79 %	Aktivitas antioksidan krim nanoliposom ekstrak hingga 12 jam lebih besar dari ekstrak bebas	(Raknam, 2012)
Injeksi Pelarut	Fosfatidilkolin kedelai, Tween 80, asam deoksikholik	Ukuran 235,8 nm, EE 70,67 , Koloid berwarna kekuningan	Formulasi memiliki penampakan fisik dan efisiensi enkapsulasi tinggi	(Ingkatawornwong <i>et al.</i> , 2008)
Mikro fluidisasi	Fosfatidilkolin kedelai, Tween 80, asam deoksikholik	Ukuran 50-100 nm, Potensia zeta -59,1 mV, EE 97,12 %	Sebagai penstabil komponen antioksidan	(Utamo <i>et al.</i> , 2011)
Emulsi ganda	Minyak kulit beras, poligliserol polirikinoleat, pektin	EE 95,75 %, viskositas 0,715 Pa.det, Potensial zeta -32,17 mV	Memproteksi aktivitas antioksidan ekstrak pada nanoliposom lebih dari 42 hari	(Chaudha ry <i>et al.</i> , 2020)
<i>Nanopartikel</i>				
Evaporasi pelarut	Polivinil pirolidin, Pluronic F68	Ukuran 548,1 - 825,8 nm, EE 58,94 - 70,65 %.	Penghantaran terkendali komponen bioaktif hingga 6 jam.	(Renuka <i>et al.</i> , 2013)
Nano presipitasi	Poli asam laktat- glikolat, polioksietilen- polioksipropilen	-	Memiliki aktivitas antidiabetes dan antioksidan	(Al-Twaty dan Booles, 2014)

Nanopartikel

Kategori nanopartikel terdiri atas dua jenis berdasarkan jenis matriksnya, yaitu nanopartikel berbasis lemak dan nanopartikel berbasis polimer. Jenis nanopartikel ekstrak buah malaka yang telah dipelajari terbatas pada nanopartikel berbasis polimer menggunakan dua teknik pembuatan yaitu teknik evaporasi pelarut (Renuka *et al.*, 2013) dan nanopresipitasi (Al-Twaty dan Booles, 2014)

Ekstrak buah malaka (ekstrak air dan ekstrak etanol) diproses menjadi nanopartikel dengan teknik evaporasi pelarut menggunakan polivinil pirolidin sebagai polimer. Fase air (ekstrak buah malaka, air, dan fluronik F68) disonikasi, kemudian dicampur dengan fase organik (polivinil

pirolidin dalam diklorometan), diaduk selama waktu tertentu hingga seluruh pelarut menguap. Nanopartikel yang dihasilkan berukuran 548,1 - 825,8 nm dengan efisiensi enkapsulasi 58,94 - 70,65 %. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nanopartikel ekstrak air dan etanol buah malaka memiliki aktivitas antioksidan (daya reduksi) lebih kuat dari asam askorbat standar, serta memiliki aktivitas antiinflamasi lebih tinggi dari standar natrium diklofenak. Berdasarkan uji *in vitro*, nanopartikel mampu melepaskan komponen bioaktif ekstrak secara linier selama 6 jam (Renuka *et al.*, 2013). Berdasarkan hal tersebut nanopartikel ekstrak buah malaka berpotensi sebagai penghantar terkendali komponen bioaktif ekstrak buah malaka yang berfungsi sebagai antioksidan dan antiinflamasi.

Selain itu, teknik nanopresipitasi telah diterapkan pada pembuatan nanopartikel ekstrak buah malaka. Teknik nanopresipitasi dilakukan menggunakan polimer poli asam laktat-asam glikolat dan bahan penstabil polioksietilen-poli oksipropilen (Al-Twaty dan Booles, 2014). Tidak diperoleh informasi mengenai karakteristik fisik nanopartikel yang dihasilkan, tetapi berdasarkan uji *in vivo* dilaporkan bahwa nanoenkapsulasi ekstrak buah malaka secara signifikan menurunkan perubahan glukosa darah dalam ekspresi gen glikolitik dan glukoneogenik.

KESIMPULAN

Sejumlah teknik ekstraksi telah dipelajari untuk mengekstrak komponen bioaktif dari buah malaka baik teknik konvensional (maserasi, perebusan, refluks, dan hidrodistilasi), maupun teknik modern (MAE, UAE, PEF, dan SFE). Teknik ekstraksi modern UAE mampu menghasilkan ekstrak dengan senyawa fenolik paling tinggi dibandingkan teknik ekstraksi lainnya. Selain itu, pemanfaatan teknologi nanoenkapsulasi terbukti mampu mengoptimalkan fungsi komponen bioaktif ekstrak buah malaka meskipun studi yang dilakukan masih sangat terbatas. Sistem nanoenkapsulasi ekstrak buah malaka berupa nanoliposom (teknik injeksi pelarut, mikrofluidisasi, dan emulsi ganda) dan nanopartikel (teknik evaporasi pelarut dan nanopresipitasi) mampu memperbaiki sifat permeabilitas dan stabilitas komponen antioksidan ekstrak buah malaka. Peluang eksplorasi masih terbuka luas untuk mengoptimalkan pemanfaatan komponen bioaktif buah malaka melalui optimasi teknik ekstraksi modern atau kombinasinya yang disertai dengan penggandaan skala, serta riset yang lebih intensif terhadap nanoenkapsulasi komponen bioaktif, baik dalam bentuk ekstrak maupun senyawa murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, I., Ahmed, N., Ahmed, S., Ahmad, F., Al-Subaie, A.M. 2020. Effect of *Embllica officinalis* (amla) on monosodium glutamate (MSG) induced uterine fibroids in wistar rats. *Res. J. Pharm. Technol.* 13, 2535–2539. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2020.00451.5>
- Al-Samman, A.M.M.A., Kahkashan, Siddique, N.A. 2019. Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS/MS) analysis, ultrasonic assisted extraction, antibacterial and antifungal activity of *Embllica officinalis* fruit extract. *Pharmacogn. J.* 11, 315–323. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.47>
- Al-Twaty, N.H., Booles, H.F. 2014. Nano-encapsulated form of *Phyllanthus emblica* extract increases its therapeutic effects as antidiabetic and antioxidant in Rats. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 29, 11–17.
- Alagar, R.M., Shailaja, V., Banji, D., Rao, K.N. V, Selvakumar, D. 2014. Evaluation of standardisation parameters, pharmacognostic study, preliminary phytochemical screening and *in vitro* antidiabetic activity of *Embllica officinalis* fruits as per WHO guidelines. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 3, 21–28.
- Amir, D. El, Abouzid, S.F., Hetta, M.H., Shahat, A.A., El-Shanawany, M.A. 2014. Composition of the essential oil of the fruits of *Phyllanthus emblica* cultivated in Egypt. *J. Pharm. Chem. Biol. Sci.* 2, 202–207.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K.M. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *J. Food Eng.* 117, 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Azwanida, N. 2015. A Review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med. Aromat. Plants* 4, 3–8. <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000196>
- Baliga, M.S., Dsouza, J.J. 2011. Amla (*Embllica officinalis* Gaertn), a wonder berry in the treatment and prevention of cancer. *Eur. J. Cancer Prev.* 20, 225–239. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0b013e32834473f4>
- Bansal, V., Sharma, A., Ghanshyam, C., Singla, M.L. 2014a. Optimization and characterization of pulsed electric field parameters for extraction of quercetin and ellagic acid in *Embllica officinalis* juice. *J. Food Meas. Charact.* 8, 225–233. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9189-0>
- Bansal, V., Sharma, A., Ghanshyam, C., Singla, M.L. 2014b. Coupling of chromatographic analyses with pretreatment for the determination of bioactive compounds in *Embllica officinalis* juice. *Anal. Methods* 6,

- 410–418.
<https://doi.org/10.1039/c3ay41375f>
- Bhagat, M. 2016. Indian gooseberry (*Embllica officinalis*): pharmacognosy review, in: Gupta, V.K. (Ed.), Vol. 3. Daya Publishing House, pp. 471–487.
- Bryant, G., Wolfe, J. 1987. Electromechanical stresses produced in the plasma membranes of suspended cells by applied electric fields. *J. Membr. Biol.* 96, 129–139.
<https://doi.org/10.1007/BF01869239>
- Charoenteeraboon, J., Ngamkitidechakul, C., Soonthornchareonnon, N., Jaijoy, K., Sireeratawong, S. 2010. Antioxidant activities of the standardized water extract from fruit of *Phyllanthus emblica* Linn. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 32, 599–604.
- Chaudhary, N., Sabikhi, L., Hussain, S.A., Kumar, R., Choudhary, U. 2020. Emblicanin rich *Embllica officinalis* encapsulated double emulsion and its antioxidant stability during storage. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 122, 1–10. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900316>
- da Silva, B. V., Barreira, J.C.M., Oliveira, M.B.P.P. 2016. Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. *Trends Food Sci. Technol.* 50, 144–158.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.007>
- Dasaroju, S., Gottumukkala, K.M. 2014. Review article current trends in the research of *Embllica officinalis* (amla): A pharmacological perspective. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 24, 150–159.
- De Almeida, A.C.A., De-Faria, F.M., Dunder, R.J., Manzo, L.P.B., Souza-Brito, A.R.M., Luiz-Ferreira, A. 2017. Recent trends in pharmacological activity of alkaloids in animal colitis: Potential use for inflammatory bowel disease. Evidence-based Complement. Altern. Med. 2017, 1–24. <https://doi.org/10.1155/2017/8528210>
- Dhale, D.A., Mogle, U.P. 2014. Phytochemical screening and antibacterial activity of *Phyllanthus emblica* L. *Sci. Res. Report.* 1, 138–142.
- Fazil, M., Nikhat, S. 2019. Nutraceutical and pharmacological appraisal of amla (*Embllica officinalis* Gaertn.): A review. *European J. Med. Plants* 30, 1–13.
<https://doi.org/10.9734/EJMP/2019/v30i330175>
- Gaire, B.P., Subedi, L. 2015. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Phyllanthus emblica* Linn. *Chin. J. Integr. Med.* 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11655-014-1984-2>
- Gaonkar, A.G., Vasisht, N., Khare, A.R., Sobel, R. 2014. Microencapsulation in the food industry. Academic Press-Elsevier, USA.
- Ghosal, S., Tripathi, V.K., Chauhan, S. 1996. Active constituents of *Embllica officinalis*. Part 1. The chemistry and antioxidative effects of two new hydrolysable tannins, emblicanin A (Ia) and B (Ib). *Indian J. Chem.* 35, 941–948.
<https://doi.org/10.1002/chin.199647279>
- Hasan, R., Islam, N., Islam, R. 2016. Phytochemistry, pharmacological activities and traditional uses of *Embllica officinalis*: A review. *Int. Curr. Pharm. J.* 5, 14–21.
<https://doi.org/10.3329/ICPJ.V5I2.26441>
- Ingkawatornwong, S., Sakdiset, P., Kaew-on, P., Nobnob, N., Pinsuwan, S. 2008. Antioxidant evaluation and liposome formulation of *Phyllanthus emblica* extract. *Planta Med.* 74, PC36.
<https://doi.org/10.1055/s-0028-1084554>
- Iriany, Angkasa, H., Namira, C.A. 2021. Ekstraksi tanin dari buah balakka (*Phyllanthus emblica* L.) dengan bantuan microwave: Pengaruh daya microwave, perbandingan massa kering terhadap jumlah pelarut etil asetat. *J. Tek. Kim. USU* 10, 8–12.
- Jafari, S. 2017. Nanoencapsulation technologies for the food and nutraceutical industries, Elsevier- Academic Press. Academic Press, London.
- Jain, R., Pandey, R., Mahant, R.N., Rathore, D.S. 2015. A Review on medicinal importance of *Embllica officinalis*. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 6, 72–84. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6\(1\).72-84](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6(1).72-84)
- Judprasong, K., Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P., Sukprasansap, M. 2013. Nutrients and bioactive compounds of Thai indigenous fruits. *Food Chem.* 140, 507–512.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.057>
- Khaled, S.E., Hashem, F.A., Shabana, M.H., Hammam, A.M., Madboli, A.N.A., Al-mahdy, D.A., Farag, M.A. 2019. Function

- A biochemometric approach for the assessment of *Phyllanthus emblica* female fertility effects as. *Food Funct.* 10, 4620–4635. <https://doi.org/10.1039/c9fo00767a>
- Krishnan, R.Y., Rajan, K.S. 2017. Influence of microwave irradiation on kinetics and thermodynamics of extraction of flavonoids from *Phyllanthus emblica*. *Brazilian J. Chem. Eng.* 34, 885–899. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20170343s20150628>
- Kumari, P., Khatkar, B.S. 2016. Assessment of total polyphenols, antioxidants and antimicrobial properties of aonla varieties. *J. Food Sci. Technol.* 53, 3093–3103. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2282-0>
- Li, Y., Guo, B., Wang, W., Li, L., Cao, L., Yang, C., Liu, J., Liang, Q., Chen, J., Wu, S., Zhang, L. 2019. Characterization of phenolic compounds from *Phyllanthus emblica* fruits using HPLC-ESI-TOF-MS as affected by an optimized microwave-assisted extraction. *Int. J. Food Prop.* 22, 330–342. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1583249>
- Liu, X., Cui, C., Zhao, M., Wang, J., Luo, W., Yang, B., Jiang, Y. 2008. Identification of phenolics in the fruit of emblica (*Phyllanthus emblica* L.) and their antioxidant activities. *Food Chem.* 109, 909–915. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.071>
- Liu, X., Zhao, M., Luo, W., Yang, B., Jiang, Y. 2009a. Identification of volatile components in *Phyllanthus emblica* L. and their antimicrobial activity. *J. Med. Food* 12, 423–428. <https://doi.org/10.1089/jmf.2007.0679>
- Liu, X., Zhao, M., Wang, J., Luo, W. 2009b. Antimicrobial and antioxidant activity of Emblica extracts obtained by supercritical carbon dioxide extraction and methanol extraction. *J. Food Biochem.* 33, 307–330.
- Luo, W., Zhao, M., Yang, B., Ren, J., Shen, G., Rao, G. 2011. Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from. *Food Chem.* 126, 277–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.018>
- Luo, W., Zhao, M., Yang, B., Shen, G., Rao, G. 2009. Identification of bioactive compounds in *Phyllanthus emblica* L. fruit and their free radical scavenging activities. *Food Chem.* 114, 499–504. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.077>
- Majeed, M., Bhat, B., Jadhav, A.N., Srivastava, J.S., Nagabhushanam, K. 2009. Ascorbic acid and tannins from *Embllica officinalis* Gaertn. fruits-a revisit. *J. Agric. Food Chem.* 57, 220–225. <https://doi.org/10.1021/jf802900b>
- Majeed, M., Jadhav, A.M., Srivastava, J.S., Prakash, S., Nagabhushanam, K., Bhat, B. 2010. Novel enrichment methods for gallcacesters including 1-o-galloyl-beta-d-glucose and mucic acid gallates medicaments, teurapeutic applications and methods of treatment theoreof. *US* 2010/0034762 A1.
- Marineli, R.daS., Furlan, C.P.B., Marques, A.y.C., Bicas, J., Pastore, G.M., Maróstica, M.R. 2015. Phytosterols: Biological effects and mechanisms of hypocholesterolemic action, in: Gupta, V.K., et al. (Eds.), John Willey & Sons Ltd, pp. 565–581. <https://doi.org/10.1002/9781118733103.ch23>
- Mathai, R.T., Tonse, R., Kalekhan, F., Colin, M.D., Prabhu, H.S., Rao, S., Baliga, M.S. 2015. Amla in the Prevention of Aging, in: *Foods and Dietary Supplements in the Prevention and Treatment of Disease in Older Adults*. Elsevier, pp. 29–35. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418680-4.00003-8>
- Milanda, T., Satria, A., Kusuma, W., Shanmuganathan, K. 2017. Antibacterial activity of malacca fruit (*Phyllantus emblica* L.) ethanolic extract and fraction against *Bacillus cereus* FNCC0057 and *Shigela dysenteriae* ATCC13313. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 8–10. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10s2.19471>
- Namira, C.A. 2021. Ekstraksi Tanin dari buah balakka (*Phyllanthus emblica*) dengan microwave menggunakan pelarut aquadest : Pengaruh daya microwave, waktu ekstraksi dan jumlah pelarut. Universitas Sumatera Utara.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., Bugarski, B. 2011. An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Sci.* 1, 1806–1815.

- <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>
- Nicolis, E., Lampronti, I., Dechecchi, M.C., Borgatti, M., Tamanini, A., Bianchi, N., Bezzetti, V., Mancini, I., Grazia Giri, M., Rizzotti, P., Gambari, R., Cabrini, G. 2008. Pyrogallol, an active compound from the medicinal plant *Embllica officinalis*, regulates expression of pro-inflammatory genes in bronchial epithelial cells. *Int. Immunopharmacol.* 8, 1672–1680. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2008.08.001>
- Okonogi, S., Japanya, K., Hongwiset, D., Yotsawimonwat, S. 2010. Fractionation of *Phyllanthus emblica* extract for encapsulated products, in: XVIII International Conference on Bioencapsulation. pp. 8–9.
- Paredes, A.J., Asencio, C.M., Manuel, L.J., Allemandi, D.A., Palma, S.D. 2016. Nanoencapsulation in the food industry: manufacture, applications and characterization. *J. Food Bioeng. Nanoprocessing* 1, 56–79.
- Pareek, S., Pratap, M. 2011. Aonla (*Embllica officinalis* Gaertn.), in: Yahia, E.M. (Ed.). Woodhead Publishing Limited, UK, pp. 65–97. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.65>
- Patel, N.V., Telange, D.R. 2011. Qualitative and quantitative estimation of gallic acid and ascorbic acid in polyherbal tablets. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 2, 2394–2398.
- Pathak, R.K. 2003. Status report on genetic resources of indian gooseberry-aonla (*Embllica officinalis* Gaertn.) in South and Southeast Asia. IPGRI-APO, India.
- Poltanov, E.A., Shikov, A.N., Dorman, H.J.D., Pozharitskaya, O.N., Makarov, V.G., Tikhonov, V.P., Hiltunen, R. 2009. Chemical and antioxidant evaluation of indian gooseberry *Embllica officinalis* Gaertn., syn. *Phyllanthus emblica* L. Supplements. *Phyther. Res.* 23, 1309–1315. <https://doi.org/10.1002/ptr>
- Raknam, P. 2012. Skin evaluation of creams containing *Phyllanthus emblica* fruit extract liposomes. Prince of Songkla University, Songkla Thailand.
- Renuka, R., Sandhya, P., Vedha Hari, B.N., Ramya Devi, D. 2013. Design of polymeric nanoparticles of *Embllica officinalis* extracts and study of in vitro therapeutic effects. *Curr. Trends Biotechnol. Pharm.* 7, 716–724.
- Salehi, B., Quispe, C., Sharifi-Rad, J., Cruz-Martins, N., Nigam, M., Mishra, A.P., Kononov, D.A., Orobinskaya, V., Abu-Reidah, I.M., Zam, W., Sharopov, F., Venneri, T., Capasso, R., Kukula-Koch, W., Wawruszak, A., Koch, W. 2021. Phytosterols: From preclinical evidence to potential clinical applications. *Front. Pharmacol.* 11, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.599959>
- Sawant, L., Prabhakar, B., Mahajan, A., Pai, N., Pandita, N. 2011. Development and validation of HPLC method for quantification of phytoconstituents in *Phyllanthus emblica*. *J. Chem. Pharm. Res.* 3, 937–944.
- Saxena, R., Patil, P. 2014. In vitro antibacterial activity of *Embllica officinalis* essential oil against *Staphylococcus aureus*. *Int. J. Theor. Appl. Sci.* 6, 7–9.
- Scartezzini, P., Antognoni, F., Raggi, M.A., Poli, F., Sabbioni, C. 2006. Vitamin C content and antioxidant activity of the fruit and of the Ayurvedic preparation of *Embllica officinalis* Gaertn. *J. Ethnopharmacol.* 104, 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.08.065>
- Sireesha, B., Reddy, B. V., Basha, S.K., Chandra, K., Anasuya, D., Bhavani, M. 2019. A review on pharmacological activities of alkaloids. *World J. Curr. Med. Pharm. Res.* 01, 230–234. <https://doi.org/10.37022/wjcmpr.2019.01068>
- Soquetta, M.B., Terra, L.deM., Bastos, C.P. 2018. Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. *CYTA - J. Food* 16, 400–412. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1411978>
- Srinivasan, P., Subramaniyan, V., Kothandaraman, S., Palani, M. 2017. Anti-diabetic activity of quercetin extracted from *Phyllanthus emblica* L. fruit: In silico and in vivo approaches. *J. Pharm. Anal.* <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2017.10.005>
- Trusheva, B., Trunkova, D., Bankova, V. 2007. Different extraction methods of biologically active components from propolis; a preliminary study. *Chem. Cent.*

- J. 1, 1–4. [https://doi.org/ 10.1186/1752-153X-1-13](https://doi.org/10.1186/1752-153X-1-13)
- Tsai, C., Chou, C., Liu, Y., Hsieh, C. 2014. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Phyllanthus emblica* L. and evaluation of antioxidant activities. *Int. J. Cosmet. Sci.* 36, 471–476. <https://doi.org/10.1111/ics.12143>
- Uji, T. 2007. Review: Species diversity of indigenous fruits in Indonesia and its potential. *Biodiversitas* 8, 157–167. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d080217>
- Usharani, P., Fatima, N., Muralidhar, N. 2013. Effects of *Phyllanthus emblica* extract on endothelial dysfunction and biomarkers of oxidative stress in patients with type 2 diabetes mellitus: a randomized, double-blind, controlled study. *Diabetes, Metab. Syndr. Obes. Targets Ther.* 6, 275–284.
- Utamo, M., Rimkeeree, H., Haruthaithanasa, V., Luengprasert, N., Winitchai, S. 2011. Entrapment of emblica extract in liposome by microfluidization, in: *International Federation of Societies of Cosmetic Chemists (IFSCC)*, pp. 1–6.
- Variya, B.C., Bakrania, A.K., Patel, S.S. 2016. *Emblica officinalis* (Amla): A review for its phytochemistry, ethnomedicinal uses and medicinal potentials with respect to molecular mechanisms. *Pharmacol. Res.* 111, 180–200. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2016.06.013>
- Wang, Cheng-cheng, Yuan, J., Wang, Chun-fei, Yang, N., Chen, J., Liu, D., Song, J., Feng, L., Tan, X., Jia, X. 2017. Anti-inflammatory effects of *Phyllanthus emblica* L on benzopyrene-induced precancerous lung lesion by regulating the IL-1 β /miR-101/Lin28B signaling pathway. *Integr. Cancer Ther.* 16, 505–515. <https://doi.org/10.1177/1534735416659358>
- Wang, F., Pan, T., Yuan, R., Li, C., Li, K. 2015. Optimization of extraction process of flavonoids in *Phyllanthus emblica* L. by response surface methodology and content determination. *Indian J. Tradit. Knowl.* 14, 213–219.
- Wei, X., Luo, C., He, Y., Huang, H., Ran, F., Liao, W., Tan, P., Fan, S., Cheng, Y., Zhang, D., Lin, J., Han, L. 2021. Hepatoprotective effects of different extracts from triphala against CCl₄ -induced acute liver injury in mice. *Front. Pharmacol.* 12, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.664607>
- Yang, B., Kortessniemi, M., Liu, P., Karonen, M., Salminen, J.P. 2012. Analysis of hydrolyzable tannins and other phenolic compounds in emblic leafflower (*Phyllanthus emblica* L.) fruits by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 60, 8672–8683. <https://doi.org/10.1021/jf302925v>
- Yang, B., Liu, P. 2014. Composition and biological activities of hydrolyzable tannins of fruits of *Phyllanthus emblica*. *J. Agric. Food Chem.* 62, 529–541. <https://doi.org/10.1021/jf404703k>
- Yang, C., Zhang, F., Deng, M.C., He, G.Y., Yue, J.M., Lu, R.H. 2007. A new ellagitannin from the fruit of *Phyllanthus emblica* L. *J. Chinese Chem. Soc.* 54, 1615–1618. <https://doi.org/10.1002/JCCS.200700228>
- Zhang, L., Hao, W., Guo, Y., Tu, G., Lin, S., Xin, L. 2003. Studies on chemical constituents in fruits of tibetan medicine *Phyllanthus emblica*. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* 28, 940–943.
- Zhang, Y., Tanaka, T., Yang, C., Kouno, I. 2001. New phenolic constituents from the fruit juice of *Phyllanthus emblica*. *Chem. Pharm. Bull.* 49, 537–540. <https://doi.org/10.1248/cpb.49.537>
- Zhang, Y., Zhao, L., Guo, X. 2014. Chemical constituents from *Phyllanthus emblica* and the cytoprotective effects on H₂O₂-induced PC12 cell injuries. *Arch. Pharmacol Res.* 39, 1202–1211. <https://doi.org/10.1007/s12272-014-0433-2>