

## PENGEMBANGAN ENKAPSULAT NANOEMULSI EKSTRAK KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana L.*): UJI DISOLUSI *IN VITRO* DAN AKTIVITAS PENGHAMBATAN ENZIM $\alpha$ -AMILASE

*Development of Nanoemulsion Encapsulated Mangosteen Peel Extract (Garcinia mangostana L.): In Vitro Dissolution and  $\alpha$ -Amylase Inhibition Activity*

Tri Rizki 1<sup>1</sup>\*, Sedarnawati Yasni 2<sup>2</sup>), Sri Yuliani 3<sup>3</sup>) Tjahja Muhandri 4<sup>2</sup>)

<sup>1</sup>)Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi,

<sup>2</sup>)Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University

<sup>3</sup>) Badan Riset dan Inovasi Nasional, Tangerang, Indonesia

\*Korespondensi Penulis: [tri.rizkii@unja.ac.id](mailto:tri.rizkii@unja.ac.id)

Submit: 16-11-2024. Revisi: 08-12-2024. Diterima: 11-12-2024

### ABSTRACT

*This study aims to develop a nanoemulsion encapsulation system for mangosteen peel extract to enhance the stability and bioavailability of its bioactive compounds, primarily xanthones. The research focused on optimizing the ethanol concentration for extraction, the surfactant type for nanoemulsion synthesis, and the encapsulant materials. Encapsulation efficiency, dissolution characteristics, and  $\alpha$ -amylase inhibition activity were evaluated to assess its potential for diabetes management. Encapsulation using maltodextrin and gum arab achieved the highest efficiency (97.93%) and antioxidant capacity (572.92  $\mu$ g AEAC/g). In vitro dissolution tests showed enhanced phenolic release rates in both acidic (94.57%) and alkaline (94.51%) media compared to non-encapsulated extracts. However, the encapsulated extract exhibited slightly lower  $\alpha$ -amylase inhibition (74.10%) than the crude extract (78.61%) due to slower bioactive release. These findings suggest that nanoemulsion encapsulation with maltodextrin and gum arab improves the delivery and functionality of mangosteen peel extract, presenting promising applications in functional food development for diabetes management.*

**Keywords:** Mangosteen peel, Nanoemulsion, Encapsulation,  $\alpha$ -Amylase inhibition, Functional food.

### PENDAHULUAN

Tingginya prevalensi diabetes terutama diabetes tipe II menjadi sebuah keprihatinan di seluruh dunia. Berdasarkan penelitian Guariguata et al. (2014), dari 174 data dari 130 negara di seluruh dunia, prevalensi diabetes mencapai 350 juta jiwa pada tahun 2008 dan terus mengalami peningkatan pada tahun 2013 menjadi 382 juta jiwa. Prevalensi diabetes ini diperkirakan akan terus meningkat menjadi 592 juta jiwa pada tahun 2035. Menurut Mina (2017), manggis adalah salah satu jenis tanaman yang populer dimanfaatkan

sebagai terapi penyakit diabetes di Provinsi Tarlac, Filipina.

Ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana*) merupakan salah satu bahan alami yang kaya akan senyawa bioaktif, terutama xanthones, yang memiliki aktivitas antioksidan dan potensi penghambatan terhadap enzim  $\alpha$ -amilase (Gutierrez-Orozco & Failla, 2013). Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan target penting dalam pengelolaan diabetes mellitus tipe 2 karena berperan dalam hidrolisis pati menjadi glukosa. Penekanan aktivitas enzim ini dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah (Muhamad Adyab et al., 2019).

Aplikasi ekstrak kulit manggis dalam formulasi produk pangan sering menghadapi kendala terkait stabilitas dan bioavailabilitas senyawa aktifnya. Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah ini adalah enkapsulasi menggunakan teknologi nanoemulsi. (Komaiko & McClements, 2015). Karakteristik nanoemulsi ditentukan dari metode pembuatan, viskositas, jenis emulsifier dan HLB (Kotyla *et al.*, 2008). Menurut Ponce *et al.* (2010), diperlukan penggunaan metode enkapsulasi untuk melindungi komponen bioaktif, terutama  $\alpha$ -mangostin agar tidak rusak dan stabil selama proses pengolahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan enkapsulat nanoemulsi ekstrak kulit manggis, aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase dan kinetika pelepasan senyawa aktif melalui uji disolusi *in vitro*. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem penghantaran senyawa bioaktif yang inovatif untuk aplikasi di bidang pangan fungsional.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *vacuum rotary evaporator* R-300 (Buchi, Swiss), *chromameter* CR-310 (Konica Minolta, Jepang), *spray dryer* LabPlant SD-05, *particle size analyzer* (Malvern Zetasizer Nano series Nano-ZS), IKA *Ultra Turrax homogenizer* T25 dan spektrofotometer *double beam* model UV-1800 (Shimadzu, Jepang), *RC-6 Dissolution Tester* tipe dayung (Gouming, China).

Bahan yang digunakan adalah Tween 20 (Merck), akuades, maltodekstrin DE 18-20, gum arab, isolate protein kedelai. Bahan tambahan lain yang digunakan untuk analisis antara lain etanol PA (Merck), metanol PA (Merck), asam askorbat (Merck), asam galat (Merck),  $K_2SO_4$ ,  $H_2SO_4$ , NaOH, HCl, *folin ciaucalteau*, air destilat, buffer KCl, buffer asetat, dan DPPH (Merck), enzim alfa amilase dari

*Aspergillus oryzae* (Sigma), dinitrosalisilic acid (Merck).

### Tahapan Penelitian

#### *Ekstraksi Kulit Manggis (Dewandari et al., 2013)*

Ekstraksi kulit manggis dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan tepung kulit manggis dan pelarut 1:5. Maserasi dilakukan selama 24 jam sambil diaduk menggunakan rotary shaker. Selanjutnya, penyaringan dilakukan dengan kain saring dan kemudian kertas saring menggunakan vacuum filtrasi (Whatman no. 42). Selanjutnya, pelarut diuapkan hingga mencapai nilai total padatan terlarut (TPT) 20°brix pada suhu 40°C. Kemudian, 1 g  $Na_2SO_4$  anhydrous ditambahkan dan disaring kembali dengan kertas saring (Whatman no. 1).

#### *Sintesis Nanoemulsi (Rizki et al., 2023)*

Sebanyak 10 g ekstrak ditambahkan 10 g Tween 20, yang merupakan fase minyak. Setelah itu, dihomogenisasikan dengan *hot plate magnetic stirrer* selama dua menit dengan kecepatan 1200 rpm. Kemudian, 80 gram fase air disiapkan dan ditambahkan sedikit demi sedikit ke fase minyak. Selama lima menit, dihomogenisasi dengan ultra turrax homogenizer pada kecepatan 15000 rpm.

#### *Enkapsulasi Nanoemulsi Reddy et al. (2019),*

Bahan penyalut ditambahkan sebanyak 20% (b/v) ke 300 mL nanoemulsi kulit manggis terpilih. Kemudian digunakan ultra turrax homogenizer dengan kecepatan 15000 rpm untuk menghomogenisasi selama lima menit. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan dengan *spray dryer* dengan laju pengeringan 15 mL/menit, suhu masuk 1700C dan tekanan nozzle/atomizer 1 bar.

### Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak

lengkap (RAL) dengan *analysis of variance* (ANOVA) serta uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada selang kepercayaan 5%.

### Metode Analisis

#### *Analisa rendemen dan efisiensi enkapsulasi (Ho et al., 2018)*

Rendemen enkapsulat diukur dengan cara membandingkan berat enkapsulat dan berat enkapsulan yang digunakan dengan menggunakan rumus:

$$R. \text{ enkapsulat (\%)} = \frac{\text{Berat Enkapsulat (g)}}{\text{Berat Enkapsulan (g)}} \times 100$$

Efisiensi enkapsulasi diukur dengan cara membandingkan total xanthone enkapsulat dan total xanthone yang ditambahkan dengan menggunakan rumus:

$$EE (\%) = \frac{\text{Total xanthone enkapsulat (\mu g)}}{\text{Total xanthone yang ditambahkan (\mu g)}} \times 100$$

Analisa struktur dan morfologi enkapsulat metode scanning electron microscopy (Horst et al., 2020)

Sampel ditempatkan pada Stubs Carl Zeiss SMT, lalu sampel dilapisi dengan gold coating menggunakan Rotary Pumped Coater Q150R selama 10 menit. Selanjutnya struktur dan morfologi sampel diamati menggunakan Zeiss EVO model MA10 pada voltase akselerasi 16 kV.

#### *Uji kapasitas antioksidan (Ningsih et al., 2017)*

Sebanyak 2 mL larutan buffer pH 5.5 dicampurkan dengan 3,75 mL metanol dan 200  $\mu$ L DPPH (1 mM). Setelah itu 50  $\mu$ L blanko (etanol), standar, dan sampel ditambahkan, dan diinkubasi pada suhu ruang di tempat gelap selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 517 nm. Kapasitas antioksidan dinyatakan dalam %Inhibisi dan AEAC (Ascorbic Equivalent Antioxidant Capacity) dengan satuan  $\mu$ g asam askorbat/mL sampel

#### *Analisis total fenolik (Ningsih et al., 2017)*

Sebanyak 500  $\mu$ L standar, sampel, atau blanko (etanol) dilarutkan dalam 2,5 mL air suling dan 500  $\mu$ L etanol, kemudian

dihomogenisasi dan ditambahkan 2,5 mL larutan reagen. Larutan diinkubasi selama 5 menit dalam tempat gelap, dan ditambahkan 0,5 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5%, kemudian diinkubasi kembali dalam tempat gelap selama 60 menit. Kemudian diukur nilai serapannya pada panjang gelombang 725 nm. Total senyawa fenolik dinyatakan sebagai  $\mu$ g GAE/mL sampel.

#### *Total xanthone (Kok et al., 2021)*

sebanyak 0,1 mL sampel dilarutkan dalam 10 mL metanol. Absorbansi blanko (metanol), sampel, dan standar diukur pada panjang gelombang 243 nm. Total xanthone dinyatakan dalam satuan mg/mL sampel. Larutan standar dibuat dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15, dan 20  $\mu$ g/mL menggunakan metanol.

#### *Uji Disosiasi In Vitro (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020)*

Sebanyak 500 mg ekstrak, 5 mg nanoemulsi dan 5 mg enkapsulat nanoemulsi ditimbang dan dimasukkan ke dalam chamber disolusi. Uji disolusi dilakukan dalam medium asam (larutan buffer klorida pH 1.2) untuk meniru kondisi pencernaan di lambung selama tiga jam. Sebaliknya, medium basa (larutan buffer fosfat pH 7.4) digunakan untuk meniru kondisi usus selama enam jam, yang disimpan pada suhu  $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$  dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Jumlah medium disolusi yang digunakan adalah 500 mL. Aliquot diambil sekali setiap sepuluh menit, dengan volume setiap kali 10 mL. Setiap kali pengambilan aliquot, larutan medium baru dengan suhu dan volume yang sama digunakan. Kandungan fenolik total diukur dari sampel yang diambil setiap sepuluh menit dan dibandingkan dengan sampel awal untuk membuat kurva hubungan waktu dan pelepasan total fenolik pada medium asam dan medium basa.

### Uji aktivitas penghambatan enzim alfa amilase (Li *et al.*, 2022)

Sebanyak 100 µL sampel (1,5 mg/mL ekstrak atau setaranya) atau 100 µL acarbose dicampur dengan 100 µL enzim alfa amilase (1 unit/mL) dan diinkubasi pada penangas air pada suhu 37°C selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 200 µL reagen DNS dan diinkubasi kembali pada air mendidih selama 5 menit. Kemudian ditambahkan 4000 µL akuades dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Tabel 1 menunjukkan penggunaan

Tabel 1. Komposisi larutan uji inhibisi alfa amilase

Larutan	Blanko (µL)	Kontrol Positif (µL)	Kontrol Negatif (µL)	Sampel (µL)	Akarbosa (µL)
Sampel	-	-	100	100	100
Buffer Fosfat	200	100	100	-	-
Enzim	-	100	-	100	100
Pati	100	100	100	100	100
DNS	200	200	200	200	200
Akuades	400	400	400	400	400

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen Dan Efisiensi Enkapsulasi Enkapsulat

Tabel 2 menunjukkan informasi tentang rendemen dan efisiensi enkapsulasi nanoemulsi ekstrak kulit manggis. Jenis enkapsulasi berdampak signifikan pada rendemen dan efisiensi enkapsulasi. Enkapsulat nanoemulsi memiliki rendemen berkisar antara 32,28–37,90%, dan efisiensi enkapsulasi berkisar antara 93,84–97,93%. Rendemen enkapsulat maltodekstrin dan gum arab menghasilkan rendemen dan efisiensi enkapsulasi lebih tinggi dibandingkan enkapsulat maltodekstrin, dan maltodekstrin dan isolat protein kedelai. Menurut (Delfanian *et al.*, 2018), ini terjadi karena proses denaturasi dan perubahan struktur isolat protein kedelai selama proses homogenisasi dan *spray drying*. Menurut Najafi *et al.* (2011), enkapsulat yang dibuat dari polisakarida seperti maltodekstrin dan gum arab memiliki kemampuan retensi minyak yang lebih tinggi dibandingkan dengan enkapsulat yang dibuat dari protein.

Maltodekstrin memiliki daya ikat yang kuat, kemampuan membentuk film, sifat daya larut air yang tinggi, dan dispersi yang cepat. Nilai DE maltodekstrin memengaruhi kemampuan untuk mengikat air. Maltodekstrin dengan DE rendah tidak bersifat higroskopis, sedangkan maltodekstrin dengan DE tinggi memiliki kemampuan menyerap air (Mulcahy *et al.*, 2016). Maltodekstrin memiliki kemampuan yang kuat untuk mengikat air, yang menghasilkan rendemen enkapsulat yang lebih tinggi daripada enkapsulat maltodekstrin gum arab dan protein kedelai.

Tabel 2. Rendemen dan efisiensi enkapsulasi enkapsulat

Perlakuan	Rendemen (%bb)	Efisiensi Enkapsulasi (%)
Maltodekstrin	37,90 ± 2,07 <sup>a</sup>	93,84 ± 1,05 <sup>a</sup>
Maltodekstrin + gum arab	34,15 ± 1,77 <sup>ab</sup>	97,93 ± 0,91 <sup>b</sup>
Maltodekstrin + isolat protein kedelai	31,28 ± 1,72 <sup>b</sup>	94,75 ± 1,48 <sup>a</sup>

Gum arab memiliki berat molekul yang besar (±500 kDa), struktur molekul yang kompleks dan memiliki sifat emulsifier yang baik (Kanakdande *et al.*, 2007; Mohammed *et al.*, 2020). Menurut (Young *et al.*, 1993) kemampuan emulsifier yang baik dari gum arab menyebabkan lebih banyak komponen bioaktif yang dapat terlarut pada enkapsulat maltodekstrin dan gum arab sehingga meningkatkan kapasitas antioksidan, total fenolik total xanthone dan kapasitas enkapsulasi.

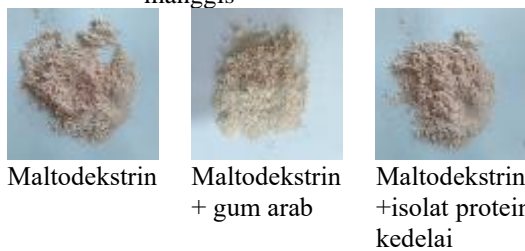
Isolat protein kedelai memiliki hidrofobitas permukaan yang rendah, ukuran molekul yang besar dan fleksibilitas molekul yang rendah (Liu, 2000), serta adanya denaturasi parsial, isolat protein kedelai memiliki kelarutan dalam air dan sifat pengemulsi yang rendah (Tang, 2019). Hal ini menyebabkan enkapsulat maltodekstrin dan isolat protein kedelai memiliki rendemen, kapasitas antioksidan, total fenolik, total xanthone dan efisiensi

enkapsulasi yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi maltodekstrin dan maltodekstrin dan gum arab.

### Morfologi Enkapsulat

Perubahan morfologi enkapsulat yang dihasilkan disebabkan oleh perlakuan jenis enkapsulan. Gambar 1 menunjukkan enkapsulat nanoemulsi ekstrak kulit manggis, dan Tabel 3 menunjukkan morfologinya.

**Gambar 1.** Enkapsulat nanoemulsi ekstrak kulit manggis



Enkapsulat yang dibuat menggunakan maltodekstrin, dan maltodekstrin dan gum arab memiliki struktur yang lebih seragam, dan morfologi yang lebih halus dibandingkan enkapsulat maltodekstrin dan isolat protein kedelai yang memiliki bentuk yang sedikit mengkerut dan tidak seragam.

**Tabel 3.** Morfologi enkapsulat

Perlakuan	Perbesaran 2000x	Perbesaran 10000x
Maltodekstrin		
Maltodekstrin + gum arab		
Maltodekstrin + isolat protein kedelai		

Morfologi enkapsulat yang optimal adalah berbentuk bulat dengan permukaan halus. Morfologi enkapsulat sangat mempengaruhi rendemen dan efisiensi enkapsulasi. Morfologi enkapsulat yang mengkerut menunjukkan adanya senyawa bioaktif yang hilang sehingga menurunkan rendemen dan efisiensi enkapsulasi (Deladino *et al.*, 2008). Menurut Shamaei *et al.* (2017) diperlukan pencampuran dua atau lebih jenis enkapsulan untuk dapat menghasilkan karakteristik enkapsulat yang stabil, memaksimalkan efisiensi enkapsulasi, dan distribusi ukuran partikel yang seragam.

Kapasitas antioksidan, total fenolik, dan total xanthone enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 4. Enkapsulat nanoemulsi memiliki kapasitas antioksidan berkisar antara 489,58–572,92  $\mu\text{g}$  AEAC/ mL sampel, total fenolik berkisar antara 393,42–544,74  $\mu\text{g}$  GAE/mL sampel, dan total xanthone berkisar antara 33,92–35,40  $\mu\text{g}$  /mL sampel.

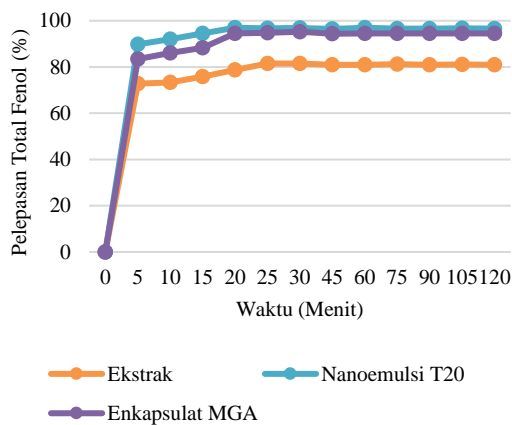
Enkapsulat maltodekstrin dan gum arab menghasilkan kapasitas antioksidan, total fenolik dan total xanthone enkapsulat yang lebih tinggi dibandingkan enkapsulat maltodekstrin, dan maltodekstrin dan isolat protein kedelai. Hal ini disebabkan gum arab memiliki gugus protein yang dapat mengadsorpsi dan mengikat ke permukaan ekstrak kulit manggis melalui interaksi hidrofobik dan hidrogen (Ali *et al.*, 2009).

**Tabel 4.** Kapasitas antioksidan, total fenolik dan total xanthone enkapsulat

Perlakuan	Kapasitas Antioksidan ( $\mu\text{g}$ AEAC/g Sampel)	Total Fenolik ( $\mu\text{g}$ GAE/g Sampel)	Total Xanthone ( $\mu\text{g}$ /g sampel)
Maltodekstrin	489,58 $\pm$ 39,89 <sup>a</sup>	455,92 $\pm$ 12,60 <sup>a</sup>	33,92 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>
Maltodekstrin + gum arab	572,92 $\pm$ 20,83 <sup>b</sup>	544,74 $\pm$ 25,20 <sup>b</sup>	35,40 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>
Maltodekstrin + isolat protein kedelai	479,17 $\pm$ 53,79 <sup>a</sup>	393,42 $\pm$ 10,74 <sup>c</sup>	34,25 $\pm$ 0,54 <sup>a</sup>

**Karakteristik Disolusi**

Data dan grafik disolusi in vitro sampel pada pH asam dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 2. Pelepasan total fenolik dari sampel nanoemulsi Tween 20 (96,96%) dan enkapsulat Rendemen maltodekstrin dan gum arab (94,57%) lebih tinggi dibandingkan sampel ekstrak (81,51%). Data dan grafik disolusi in vitro sampel pada pH basa dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 3. Pelepasan total fenolik dari sampel nanoemulsi T20 (97,20%) dan enkapsulat MGA (94,57%) lebih tinggi dibandingkan sampel ekstrak (81,40%).

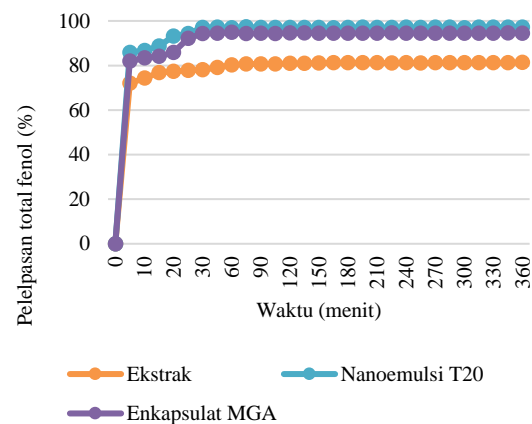


**Gambar 2.** Grafik karakteristik disolusi pada pH asam

**Tabel 5.** Data karakteristik disolusi pada pH asam

Menit	Pelepasan Total Fenolik (%)		
	Ekstrak	Nanoemulsi T20	Enkapsulat MGA
0	0,00	0,00	0,00
5	72,72	89,80	83,37
10	73,33	92,00	86,13
15	75,89	94,57	88,32
20	78,78	96,96	94,45
25	81,51	96,71	94,85
30	81,45	96,89	95,24
45	81,01	96,41	94,40
60	80,95	96,96	94,45
75	81,23	96,53	94,45
90	80,90	96,53	94,57
105	81,06	96,77	94,45
120	81,01	96,65	94,51

Hal ini disebabkan karena bentuk nanoemulsi yang berukuran kecil dan memiliki kelarutan yang tinggi pada air. Selain itu nanoemulsi ekstrak kulit manggis dilapisi oleh enkapsulan maltodekstrin dan gum arab yang memiliki kelarutan dalam air yang tinggi, sehingga lebih mudah terdisolusi dalam sistem pencernaan lambung dan usus halus (Enin, 2015). Hal ini sesuai dengan penelitian Kumoro dan Sholikhati (2014), yaitu ekstrak kulit manggis dapat terdisolusi pada pH basa sebanyak 80% selama 120 menit.



**Gambar 3.** Grafik karakteristik disolusi pada pH basa.

**Tabel 6.** Data karakteristik disolusi pada pH basa

Menit	Pelepasan Total Fenolik (%)		
	Ekstrak	Nanoemulsi T20	Enkapsulat MGA
0	0,00	0,00	0,00
5	72,10	85,88	81,97
10	74,27	86,68	83,43
15	76,72	88,69	84,10
20	77,34	93,10	85,79
25	77,72	94,26	92,15
30	78,11	97,02	94,28
45	79,06	97,20	94,45
60	80,29	96,96	94,90
75	80,73	97,26	94,28
90	80,67	97,02	94,45
105	80,73	97,08	94,34
120	80,95	97,08	94,57
135	81,01	97,02	94,57
150	81,12	97,08	94,51

165	81,23	96,89	94,45
180	81,29	97,02	94,40
195	81,29	97,14	94,51
210	81,18	97,02	94,51
225	81,12	97,02	94,57
240	81,18	97,20	94,51
255	81,06	97,02	94,51
270	81,21	97,14	94,40
285	81,23	97,20	94,45
300	81,29	96,96	94,45
315	81,23	97,14	94,45
330	81,18	97,14	94,45
345	81,23	97,20	94,57
360	81,40	97,14	94,45

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 dapat diketahui bahwa pelepasan total fenolik ekstrak kulit manggis lebih lambat, ditunjukkan dengan persentase pelepasan total fenolik yang lebih rendah dibandingkan enkapsulat dan nanoemulsi. Pelepasan total fenolik lebih cepat pada pH asam dibandingkan media basa. Pelepasan total fenolik pada pH asam mulai stabil pada menit 30. Pelepasan total fenolik mulai pH basa stabil pada menit 25.

### Inhibisi Enzim Alfa Amilase

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa persentase inhibisi enzim alfa amilase dari ekstrak (78,61±0,38%) dan nanoemulsi (78,40±0,24%) lebih tinggi dibandingkan enkapsulat (74,10±0,367%). Penghambatan enzim alfa amilase dari enkapsulat lebih rendah karena senyawa bioaktif ekstrak yang terenkapsulasi tidak terdisolusi sempurna sehingga sebagian senyawa bioaktif masih tertahan dalam enkapsulat (Gunawan *et al.*, 2022).

Dari hasil penelitian (Li *et al.*, 2022), ekstrak kulit manggis dapat menghambat 84,63% aktivitas enzim alfa amilase pada konsentrasi 1,5 mg/mL dengan menggunakan ekstrak manggis pekat. Persentase inhibisi ekstrak yang lebih rendah pada penelitian ini disebabkan karena pada penelitian ini digunakan ekstrak etanol 20°brix yang memiliki

kondisi sedikit cair bila dibandingkan ekstrak pekat.

Tabel 7. Inhibisi enzim alfa amilase.

Perlakuan	Persentase Inhibisi (%)
Ekstrak	78,61±0,38 <sup>a</sup>
Nanoemulsi Tween 20	78,40±0,24 <sup>a</sup>
Enkapsulat maltodekstrin dan gum arab	74,10±0,37 <sup>b</sup>

Mekanisme penghambatan  $\alpha$ -amilase pada sistem pencernaan dijelaskan melalui penelitian (Gaspersz & Sohailait, 2019) secara *in silico*, yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ -mangostin dari senyawa turunan xanthone memiliki ligan yang berinteraksi dengan beberapa residu protein (Ala198, Arg195, Asp197, Asp300, Gln63, Glu233, Thr 163, dan Trp59) membentuk kompleks yang stabil dengan enzim  $\alpha$ -amilase. Ikatan ini mencegah pengikatan substrat dan menghambat reaksi pemutusan ikatan glikosida oleh enzim  $\alpha$ -amilase sehingga berpotensi sebagai inhibitor enzim  $\alpha$ -amilase yang dapat memperlambat penyerapan dan mengurangi konsentrasi glukosa postprandial.

Mekanisme lain senyawa xanthone sebagai antihiperlipemik juga dijelaskan oleh (Maligan *et al.*, 2018) yaitu mencegah reaksi pengubahan superoksida menjadi hidrogen superoksida, dimana gugus hidroksil (-OH) pada senyawa xanthone mendonorkan atom hidrogen untuk mengikat radikal bebas sehingga mampu mencegah, melindungi, dan memperbaiki sel beta pankreas yang rusak akibat radikal bebas sehingga mencegah terjadinya *hiperglikemia postprandial* karena sekresi insulin meningkat.

### KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa maltodekstrin dan gum arab sebagai enkapsulan menghasilkan rendemen (34,15%) dan efisiensi enkapsulasi (97,93%) tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya dengan kapasitas antioksidan (572,92  $\mu$ g AEAC/g), total fenolik (544,74  $\mu$ g GAE/g), dan total xanthone (35,40  $\mu$ g/g). Morfologi yang dihasilkan seragam dengan

struktur halus, mendukung pelepasan bioaktif yang optimal.

Pelepasan total fenolik mencapai 94,57% pada pH asam dan 94,51% pada pH basa, menunjukkan kelarutan dan stabilitas bioaktif yang baik. Namun, inhibisi enzim alfa-amilase pada enkapsulat (74,10%) lebih rendah dibandingkan ekstrak (78,61%) akibat pelepasan senyawa yang lebih lambat. ini berpotensi melindungi sel beta pankreas dari kerusakan oksidatif dan menghambat aktivitas enzim untuk mencegah hiperglikemia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, B. H., Ziada, A., & Blunden, G. (2009). Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. *Food and Chemical Toxicology*, 47(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2008.07.001>
- Deladino, L., Anbinder, P. S., Navarro, A. S., & Martino, M. N. (2008). Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*, 71(1), 126–134. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2007.05.030>
- Delfanian, M., Razavi, S. M. A., Haddad Khodaparast, M. H., Esmailzadeh Kenari, R., & Golmohammadzadeh, S. (2018). Influence of main emulsion components on the physicochemical and functional properties of W/O/W nano-emulsion: Effect of polyphenols, Hi-Cap, basil seed gum, soy and whey protein isolates. *Food Research International*, 108, 136–143. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.03.043>
- Dewandari, K. T., Yuliani, S., & Yasni, S. (2013). Ekstraksi dan karakterisasi nanopartikel ekstrak sirih merah (*piper crocat* um). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 10(2), 58–65. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jpasca.v10n2.2013.58-65>
- Enin, H. A. A. (2015). Self-nanoemulsifying drug-delivery system for improved oral bioavailability of rosuvastatin using natural oil antihyperlipidemic. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 41(7), 1047–1056. <https://doi.org/10.3109/03639045.2014.983113>
- Gaspersz, N., & Sohilait, M. R. (2019). Molecular docking of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ -mangostin as human  $\alpha$ -amylase inhibitor. *Indo. J. Chem. Res.*, 6(2), 59–66. <https://doi.org/10.30598/IJCR.2019.6-NEL>
- Guariguata, L., Whiting, D. R., Hambleton, I., Beagley, J., Linnenkamp, U., & Shaw, J. E. (2014). Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 103(2), 137–149. <https://doi.org/10.1016/J.DIABRES.2013.11.002>
- Gunawan, F. R., Srihardyastutie, A., Roosdiana, A., & Safitri, A. (2022). Mikroenkapsulasi Berbasis Gum Arabik dari Ekstrak Air Pletekan (*Ruellia tuberosa* L.) dan Aktivitas Inhibisi Terhadap Alpha Amilase | The Indonesian Green Technology Journal. *The Indonesian Green Technology Journal*, 11(2), 79–85. <https://igtj.ub.ac.id/index.php/igtj/article/view/1985>
- Gutierrez-Orozco, F., & Failla, M. L. (2013). Biological Activities and Bioavailability of Mangosteen Xanthones: A Critical Review of the Current Evidence. *Nutrients* 2013, Vol. 5, Pages 3163-3183, 5(8), 3163–3183. <https://doi.org/10.3390/NU5083163>
- Ho, L. Y., Lim, Y. Y., Tan, C. P., & Siow, L. F. (2018). Comparison of physicochemical properties and aqueous solubility of xanthone prepared via oil-in-water emulsion and complex coacervation techniques. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 784–798. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1446022>
- Horst, C., Pagno, C. H., Flores, S. H., & Costa, T. M. H. (2020). Hybrid starch/silica films with improved mechanical properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 2020 95:1, 95(1), 52–65. <https://doi.org/10.1007/S10971-020-05234-X>
- Kanakdande, D., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2007). Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin



- and modified starch. *Carbohydrate Polymers*, 67(4), 536–541. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2006.06.023>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Farmakope Indonesia Edisi VI* (6th ed.). <https://farmalkes.kemkes.go.id/2020/11/farmakope-indonesia-edisi-vi/>
- Kok, S. L., Lee, W. J., Smith, R. L., Suleiman, N., Jom, K. N., Vangnai, K., Bin-Sharaai, A. H., & Chong, G. H. (2021). Role of virgin coconut oil (VCO) as co-extractant for obtaining xanthenes from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp with supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 176, 105305. <https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2021.105305>
- Komaiko, J., & McClements, D. J. (2015). Low-energy formation of edible nanoemulsions by spontaneous emulsification: Factors influencing particle size. *Journal of Food Engineering*, 146, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.003>
- Kotyla, T., Kuo, F., Moolchandani, V., Wilson, T., & Nicolosi, R. (2008). Increased bioavailability of a transdermal application of a nano-sized emulsion preparation. *International Journal of Pharmaceutics*, 347(1–2), 144–148. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2007.06.045>
- Kumoro, A. C., & Sholikhati, A. (2014, December). Dissolution rates of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarps extract granules in synthetic human gastrointestinal fluid. *Proceeding the Regional Conference on Chemical Engineering*. [https://www.semanticscholar.org/paper/Dissolution-Rates-of-Mangosteen-\(Garcinia-L.\)-in-Kumoro-Sholikhati/0bc14c345435a7a7d2e30158275ec5f2d30e9504](https://www.semanticscholar.org/paper/Dissolution-Rates-of-Mangosteen-(Garcinia-L.)-in-Kumoro-Sholikhati/0bc14c345435a7a7d2e30158275ec5f2d30e9504)
- Li, X., Chen, H., Jia, Y., Peng, J., & Li, C. (2022). Inhibitory effects against alpha-amylase of an enriched polyphenol extract from pericarp of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/FOODS11071001>
- Liu, K. (2000). Expanding soybean food utilization. *Food Technology*, 54, 46–59. <https://doi.org/10.13170/AJAS.5.2.14972>
- Maligan, J. M., Chairunnisa, F., & Wulan, S. N. (2018). Peran xanthon kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) sebagai agen antihiperqlikemik. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 2(2), 99–106. <https://doi.org/10.26877/JIPHP.V2I2.2813>
- Mina, E. C. (2017). Ethnobotanical survey of plants commonly used for diabetes in tarlac of central luzon Philippines. *The International Medical Journal Malaysia*, 2, 21–28. <http://dx.doi.org/>
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Muhiaddin, B. J., & Hussin, A. S. M. (2020). Spray drying for the encapsulation of oils-a review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(17). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25173873>
- Muhamad Adyab, N. S., Rahmat, A., Abdul Kadir, N. A. A., Jaafar, H., Shukri, R., & Ramli, N. S. (2019). Mangosteen (*Garcinia mangostana*) flesh supplementation attenuates biochemical and morphological changes in the liver and kidney of high fat diet-induced obese rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S12906-019-2764-5/FIGURES/2>
- Mulcahy, E. M., Mulvihill, D. M., & O'Mahony, J. A. (2016). Physicochemical properties of whey protein conjugated with starch hydrolysis products of different dextrose equivalent values. *International Dairy Journal*, 53, 20–28. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2015.09.009>
- Najafi, M. N., Kadkhodae, R., & Mortazavi, S. A. (2011). Effect of drying process and wall material on the properties of encapsulated cardamom oil. *Food Biophysics*, 6(1), 68–76. <https://doi.org/10.1007/S11483-010-9176-X>
- Ningsih, N., Yasni, S., & Yuliani, S. (2017). Sintesis nanopartikel ekstrak kulit manggis merah dan kajian sifat fungsional produk enkapsulasinya. *Jurnal Teknologi*

*Dan Industri Pangan*, 28(1), 27–35.  
<https://doi.org/10.6066/JTIP.2017.28.1.27>

- Ponce, P. A. C., Buera, M. P., & Elizalde, B. E. (2010). Encapsulation of cinnamon and thyme essential oils components (cinnamaldehyde and thymol) in  $\beta$ -cyclodextrin: effect of interactions with water on complex stability. *Journal of Food Engineering*, 99(1), 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.039>
- Reddy, M. N. P., Padma Ishwarya, S., & Anandharamakrishnan, C. (2019). Nanoencapsulation of roasted coffee bean oil in whey protein wall system through nanospray drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), 1–8. <https://doi.org/10.1111/JFPP.13893>
- Rizki, T., Yasni, S., Muhandri, T., & Yuliani, S. (2023). Sintesis Nanoemulsi dari Ekstrak Kulit Manggis dengan Metode Energi Tinggi. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 34(1), 109–118. <https://doi.org/10.6066/JTIP.2023.34.1.109>
- Shamaei, S., Seiedlou, S. S., Aghbashlo, M., Tsotsas, E., & Kharaghani, A. (2017). Microencapsulation of walnut oil by spray drying: Effects of wall material and drying conditions on physicochemical properties of microcapsules. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39, 101–112. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2016.11.011>
- Tang, C. H. (2019). Nanostructured soy proteins: fabrication and applications as delivery systems for bioactives (a review). *Food Hydrocolloids*, 91, 92–116. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.01.012>
- Young, S. L., Sarda, X., & Rosenberg, M. (1993). Microencapsulating properties of whey Proteins. 2. combination of whey proteins with carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 2878–2885. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(93\)77626-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(93)77626-2)