

FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL α - MANGOSTIN DENGAN VARIASI KITOSAN-TPP SEBAGAI POLIMER

Nurul Auliasari*, Rizki Fatimah Azzahra, Aji Najihudin

Departemen Teknologi Farmasi, Fakultas MIPA, Universitas Garut

*Email: nurul@uniga.ac.id

Received: 25/05/2024 , Revised: 13/06/2024 , Accepted: 13/06/2024, Published: 08/08/2024

ABSTRAK

Tanaman manggis mengandung senyawa α -Mangostin yang merupakan senyawa turunan dari senyawa Xanton. α -Mangostin memiliki banyak aktivitas salah satunya adalah antibakteri. Kekurangan senyawa α -Mangostin yaitu stabilitas yang kurang baik, karakteristik yang sensitif dan mudah teroksidasi. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut dibuatlah sistem penghantaran nanopartikel dengan menggunakan variasi kitosan dan TPP sebagai polimer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan formulasi dan karakterisasi nanopartikel α -Mangostin dari kulit buah manggis dengan variasi kitosan-TPP sebagai polimer dan menentukan formula terbaik dari nanopartikel α -Mangostin dengan variasi kitosan-TPP sebagai polimer. Pada penelitian ini dilakukan formulasi nanopartikel kosong dengan variasi kitosan yaitu F1, F2 dan F3 adalah 1,4 mg/mL; 2,8 mg/mL, dan 5,6 mg/mL. Kemudian α -Mangostin diformulasikan kedalam nanopartikel dengan variasi konsentrasi diantaranya F1, F2 dan F3 adalah 0,0125 mg/mL; 0,0250 mg/mL; dan 0,0500 mg/mL menggunakan metode gelasi ionik. Selanjutnya, nanopartikel dievaluasi meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas dan efisiensi enkapsulasi. Formula terbaik nanopartikel yang dihasilkan yaitu pada F1 dengan konsentrasi kitosan 1,4 mg/mL; TPP 1,47 mg/mL; dan α -Mangostin 0,0125 mg/mL dengan ukuran partikel yaitu $813 \text{ nm} \pm 0,818$ dan indeks polidispersitas $0,604 \pm 0,004$ serta efisiensi enkapsulasi sebesar $94,565\% \pm 0,563$. Hal ini menunjukkan bahwa isolat α -Mangostin berhasil terenkapsulasi dalam sistem pembawa nanopartikel dan diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan hayati obat.

Kata kunci : α -Mangostin, Kitosan, Nanopartikel, Tripolifosfat (TPP)

ABSTRACT

The mangosteen plant contains the compound α -Mangostin which is a derivative of the xanthone compound. α -Mangostin has many activities, one of which is antibacterial. The disadvantages of the α -Mangostin compound are the poor stability, sensitive characteristics, instability and easy oxidization. So, to overcome this problem, a nanoparticle delivery system was created using variations of chitosan and TPP as polymers. The aim of this research was to formulate and characterize α -Mangostin nanoparticles from mangosteen peel with variations of chitosan-TPP as a polymer and determine the best formula for α -mangostin nanoparticles with variations of chitosan-TPP as a polymer. In this research, empty nanoparticle formulations were carried out with variations of chitosan, namely F1, F2 and F3, which were 1.4 mg/mL; mg/mL, and 5.6 mg/mL. Then α -Mangostin was formulated into nanoparticles with varying concentrations of α -mangostin including F1, F2 and F3 which were 0.0125 mg/mL; 0,0250 mg/mL; and 0,0500 mg/mL using the ionic gelation method. Next, the nanoparticles were evaluated including

particle size, polydispersity index and encapsulation efficiency. The best nanoparticle formula produced was F1 with a chitosan concentration of 1.4 mg/mL; TPP 1.47 mg/mL; and α -Mangostin 0.0125 mg/mL with a particle size of $813 \text{ nm} \pm 0.818$ and a polydispersity index of 0.604 ± 0.004 and an encapsulation efficiency of $94.565\% \pm 0.563$. This shows that the α -Mangostin isolate was successfully encapsulated in a nanoparticle carrier system and is expected to increase the bioavailability of the drug.

Keywords: α -Mangostin, Chitosan, Nanoparticles, Tripolyphosphate (TPP)

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama obat-obatan saat ini sangat berkembang pesat, salah satunya adalah sistem penghantaran obat. Sistem penghantaran obat dirancang untuk mempermudah zat aktif masuk ke dalam tubuh, meningkatkan efektivitas dan keamanan dengan mengontrol dosis, waktu dan pelepasan obat. Salah satu sistem penghantaran obat yang masih banyak dikembangkan hingga saat ini adalah sistem penghantaran nanoteknologi (Begines, *et al.*, 2020).

Nanoteknologi adalah suatu bidang teknologi yang mempelajari mengenai materi yang berukuran nano dari rentang 1-1000 nm (Santos, *et al.*, 2019). Nanoteknologi sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang termasuk bidang farmasi. Sistem penghantaran nanoteknologi yang efektif diharapkan mampu menghantarkan obat menuju target yang diinginkan. Salah satu aplikasi dari sistem penghantaran nanoteknologi adalah nanopartikel (Pathak and Thassu, 2016).

Nanopartikel pada bidang farmasi

adalah sistem obat yang direkayasa secara khusus pada skala nano untuk menghantarkan obat dan meningkatkan efek terapeutik (Ragelle, *et al.*, 2017). Sistem penghantaran nanopartikel dapat diaplikasikan dengan bahan aktif yang berasal dari tanaman, karena tanaman terdiri dari senyawa metabolit sekunder dan bahan aktif biologis (Anjum, *et al.*, 2021). Adapun tujuan pengembangan nanopartikel berbahan aktif tanaman yaitu untuk mengatasi kekurangan dari sifat bahan aktif seperti absorpsi, bioavailabilitas dan efektivitas, mengurangi efek samping serta mengendalikan pelepasan bahan aktif (Bonifacio, *et al.*, 2014). Salah satu tanaman yang potensial serta telah banyak diteliti aktivitas farmakologinya adalah tanaman manggis.

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Sri Lanka, Filipina, dan Thailand (Pedraza, *et al.*, 2008). Indonesia mempunyai iklim tropis sehingga cocok untuk pertumbuhan tanaman manggis. Maka dari itu, produksi buah

manggis di Indonesia sangat melimpah (Wathoni, *et al.*, 2018). Bagian dari tanaman manggis yang banyak digunakan dalam pengobatan adalah buah, daun, ranting, kulit batang dan kulit buah (Nidyasari, dkk., 2018).

Kulit buah manggis mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti fenolat, tanin, xanton, antosianin dan pektin (Wathoni, *et al.*, 2018). Adapun senyawa xanton memiliki turunan yaitu α -mangostin. Isolat α -mangostin telah diteliti aktivitas farmakologinya meliputi aktivitas analgesik, antiinflamasi, antioksidan, antialergi, antijamur dan antibakteri. Akan tetapi, terdapat kekurangan dari senyawa α -mangostin diantaranya karakteristik yang sensitif, tidak stabil dan mudah teroksidasi (Riau dan Chaerunisa, 2020). Maka dari itu, untuk mengatasi masalah tersebut dibuatlah suatu sistem penghantaran nanopartikel dengan menggunakan beberapa polimer seperti kitosan dan sodium tripolifosfat (TPP) (Masitoh dan Sofyan, 2019).

Polimer dalam sistem penghantaran nanopartikel berguna untuk mengontrol pelepasan obat agar lebih efektif. Kitosan merupakan polimer alami yang diperoleh dari kitin yang berasal dari kulit luar hewan *crustaceae* dan *eksoskeleton*. Kitosan memiliki sifat yang tidak beracun, mukhoadhesif, *biodegradable* dan memiliki sifat antijamur, antimikroba dan antioksidan

sehingga kitosan digunakan sebagai pembawa obat (Zhao, *et al.*, 2018). Sedangkan, sodium tripolifosfat (TPP) yang berfungsi sebagai *cross linker agent* merupakan ion kecil bermuatan negatif dan polianion yang tidak beracun serta berguna untuk mengait silang (*cross linker*) kitosan. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kitosan-TPP sudah banyak digunakan sebagai polimer dalam sistem penghantaran nanopartikel (Abdelgawad and Hudson, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan dilakukan penelitian yaitu formulasi dan karakterisasi nanopartikel α -mangostin dari kulit buah manggis dengan variasi kitosan-TPP sebagai polimer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan formulasi dan karakterisasi nanopartikel α -mangostin dari kulit buah manggis dengan variasi kitosan-TPP sebagai polimer dan menentukan formula terbaik dari nanopartikel α -mangostin dengan variasi kitosan-TPP sebagai polimer dengan menggunakan metode gelasi ionik. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menciptakan formulasi nanopartikel α -mangostin yang lebih efektif, efisien dan berkualitas.

METODE PENELITIAN

Alat

Spektrofotometri Massa (AGILENT[®]), Timbangan analitik (KERN[®]), *Magnetic Stirrer* (DFN stirrer ST 6), Sentrifuga (Dlab,DM0408[®]), Mikropipet (DRAGON LAB[®]), Sonikator (GT Sonik[®]), *Particle Size Analyzer* (PSA) (HORIBA Scientific[®]), dan Spektrometri UV-Vis (SHIMADZU[®]).

Bahan

Isolat α -mangostin (Laboratorium Kimia-FMIPA UNIGA), Kitosan *Pharmaceutical grade* (SIGMA ALDRICH[®]), Tripolifosfat *Pharmaceutical grade* (TPP) (SIGMA ALDRICH[®]), Asam asetat glasial 1% p.a (EMSURE[®]), Aquabidest steril (IKA[®]), aquadeion (WateroneTM).

Jalannya Penelitian

1. Karakterisasi Isolat

Identifikasi isolat α -Mangostin secara kimia yang dilakukan di laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Garut menggunakan metode *Mass Spectrometry* (MS) untuk menganalisis atau menentukan massa molekul atau atom (Adhikari, 2018).

2. Optimasi Basis Nanopartikel (Nanopartikel Kosong)

Larutan kitosan diambil sebanyak 5 mL (konsentrasi 1,4; 2,8 dan 5,6 mg/mL) diaduk dengan *magnetic stirrer*, lalu ditambahkan natrium tripolifosfat (TPP)

dengan konsentrasi 1,47 mg/mL sebanyak 2 mL (perbandingan kitosan dan NaTPP adalah 5:2) dilakukan dengan cara menambahkannya tetes demi tetes menggunakan jarum suntik secara terus menerus menggunakan *magnetic stirrer* selama 50 menit pada suhu ruang. Selanjutnya dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 50 menit. Endapan yang terbentuk hasil sentrifugasi diresuspensi dalam 1 mL aquadeion. Selanjutnya dilakukan sonikasi selama 10 menit pada suhu ruang (Arsyi, N dkk, 2018).

3. Formulasi Nanopartikel α -Mangostin

Kitosan konsentrasi 1,4 mg/mL dilarutkan dalam 1% v/v asam asetat. Kemudian, TPP konsentrasi 1,47 mg/mL dilarutkan dalam aquabidest. Adapun perbandingan Kitosan dengan TPP pada formulasi nanopartikel ini adalah 5:2. Selanjutnya, α -Mangostin dengan konsentrasi 0,0125 mg/mL; 0,0250 mg/mL; dan 0,0500 mg/mL dalam pelarut etanol ditambahkan ke dalam 5 mL larutan kitosan kemudian diaduk dengan magnetik stirer pada suhu ruang. Selanjutnya, 2 mL TPP diteteskan perlahan ke dalam larutan kitosan yang mengandung α -Mangostin menggunakan jarum suntik 1 mL. Larutan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 50 menit. Lapisan supernatan

dibuang, sedangkan endapan yang terbentuk diresuspensi dalam 1 mL aquadeion dengan bantuan ultrasonikasi selama 10 menit (Arsyi, N dkk, 2018).

4. Karakterisasi Nanopartikel

4.1 Particle Size Analyzer (PSA)

Penentuan ukuran partikel dan indeks polidispersitas menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). PSA bekerja berdasarkan prinsip hamburan cahaya dinamis. Distribusi dari intensitas yang dihamburkan oleh cahaya dinamis akan dianalisis lebih lanjut sebagai hasil distribusi ukuran partikel dan indeks polidispersitas (Ashok and Rao, 2017).

4.2 Pengukuran efisiensi enkapsulasi

Evaluasi efisiensi enkapsulasi ini dilakukan dengan mengambil hasil dari sentrifugasi nanopartikel α -Mangostin (supernatan). setelah itu, diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV- Vis pada λ maksimum α -Mangostin.

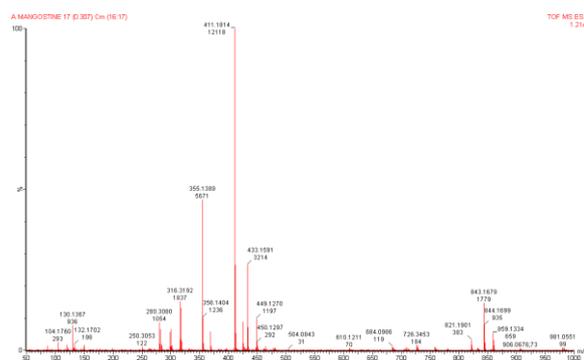
Efisiensi enkapsulasi diinterpretasikan dalam bentuk persen (%) dan diperoleh dengan menghitung jumlah obat yang digunakan di dalam sistem pembawa dengan jumlah obat yang tidak terjerap dalam sistem pembawanya.

Presentase efisiensi enkapsulasi (Wathoni *et al*, 2019).

$$EE (\%) = \frac{\text{Total Obat} - \text{Obat Bebas dalam supernatan}}{\text{Total Obat}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan identifikasi senyawa isolat α -Mangostin yang telah diperoleh dari Laboratorium Kimia, Universitas Garut. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan Spektrometri Massa untuk mengetahui kebenaran karakteristik gugus fungsi isolat α -Mangostin. Hasil identifikasi dengan Spektrometri Massa menunjukkan bahwa isolat yang digunakan adalah α -mangostin dengan rumus molekul $C_{24}H_{26}O_6$ dan berat molekul 410.5 g/mol, Seperti yang terlampir pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil karakterisasi Isolat α -Mangostin

Sistem penghantaran nanopartikel menggunakan pembawa polimer berguna untuk mengontrol pelepasan obat agar lebih efektif. Salah satu sistem pembawa yang digunakan adalah polimer kitosan yang memiliki muatan positif dan polianion Tripolifosfat (TPP) yang memiliki muatan negatif, sehingga kitosan dan TPP dapat membentuk ikatan silang dengan

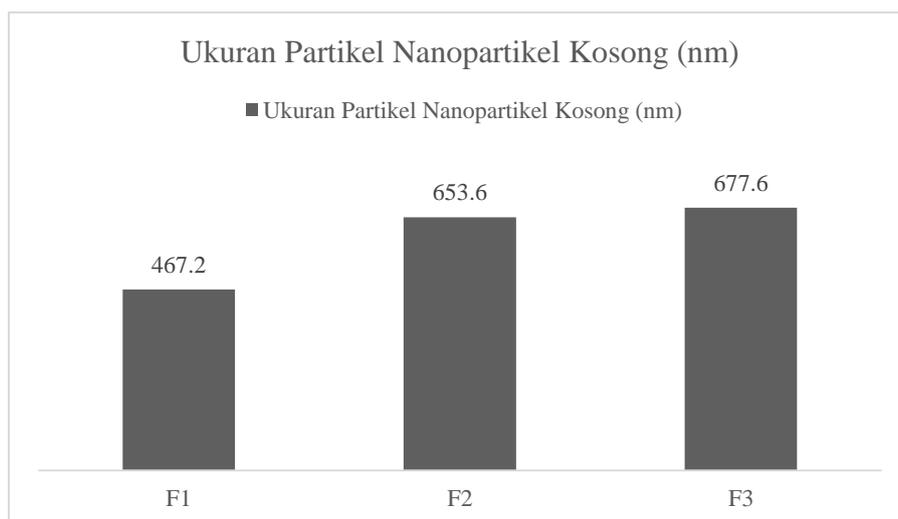
menggunakan metode gelasi ionik. Nanopartikel terbentuk ketika kitosan dalam suasana asam terjadi interaksi tolakan elektrostatis antara molekul kitosan karena adanya gugus amino yang terprotonasi dengan muatan negatif dari senyawa polianion TPP (Triwulandari et al, 2024).

menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA) meliputi ukuran partikel dan indeks polidispersitas. Formulasi nanopartikel tanpa α -mangostin (nanopartikel kosong) dibuat dengan memvariasikan konsentrasi kitosan sedangkan konsentrasi TPP yang digunakan sama yaitu 1,47 mg/mL. Hasil karakterisasi nanopartikel dapat dilihat pada

Karakterisasi Nanopartikel Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas Nanopartikel Kitosan-NaTPP (Nanopartikel Kosong).

Formulasi	Konsentrasi (mg/mL)			Perbandingan		Hasil Pengujian PSA	
	Kitosan	TPP	α -Mangostin	Kitosan	TPP	Ukuran Partikel (nm)	Indeks Polidispersitas
F1	1,4	1,47	—	5	2	467,2±0,450	0,450±0,0005
F2	2,8					653,6±0,432	0,589±0,0005
F3	5,6					677,6±0,432	0,569±0,0005



Gambar 2. Diagram batang hasil evaluasi ukuran nanopartikel kosong

Karakterisasi nanopartikel kosong tanpa isolat α -mangostin yang dihasilkan pada 3 formulasi dengan variasi konsentrasi kitosan dilihat dari ukuran partikel dan indeks polidispersitas menunjukkan bahwa F1 menghasilkan ukuran partikel $467,2 \text{ nm} \pm 0,450$ dengan indeks polidispersitas $0,450 \pm 0,0005$ sedangkan untuk F2 menghasilkan ukuran partikel $653,6 \text{ nm} \pm 0,432$ dengan indeks polidispersitas $0,589 \text{ nm} \pm 0,0005$ dan F3 menghasilkan ukuran $677,6 \text{ nm} \pm 0,432$ dengan indeks polidispersitas $0,569 \pm 0,0005$. Ketiga hasil dari formulasi menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbentuk berada di rentang ukuran nanopartikel yaitu berada pada kisaran 1-1000 nm (Petiwala *et al*, 2014). Kemudian hasil indeks polidispersitas yang didapat memenuhi rentang indeks polidispersitas dengan kategori monodispersi, dimana rentang nilai indeks polidispersitas monodispersi adalah 0,01-0,6. Indeks polidispersitas menggambarkan informasi mengenai kestabilan fisik suatu sistem dispersi yang

terbentuk. Adapun nilai indeks polidispersitas yang mendekati 0,01 menunjukkan bahwa sistem dispersi yang terbentuk bersifat lebih stabil untuk jangka Panjang (Pathak and Thassu, 2016). Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa F1 merupakan formula optimum nanopartikel kosong dengan ukuran partikel dan indeks polidispersitas yang paling kecil dibandingkan F2 dan F3.

Selanjutnya, nanopartikel α -mangostin dibuat dengan konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 1,4 mg/mL dan konsentrasi TPP adalah 1,47 mg/mL berdasarkan hasil optimasi pada nanopartikel kosong. Sedangkan, untuk konsentrasi α -Mangostin sebagai bahan aktif merujuk pada literatur Ragasa *et al*, 2010 menyatakan bahwa α -Mangostin yang berada pada rentang nilai MIC (*Minimum Inhibition Concentration*) yaitu 12,5-50 $\mu\text{g/mL}$ memiliki aktivitas sebagai antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan dari bakteri.



F1



F2

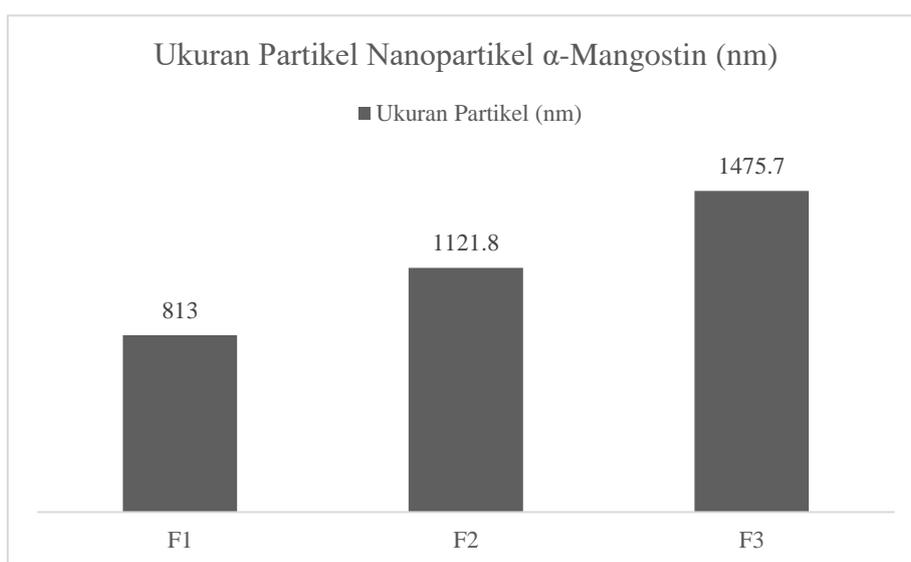


F3

Gambar 3. Formula Nanopartikel α -Mangostin

Tabel 2. Hasil Evaluasi Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas Formulasi Nanopartikel yang Mengandung Isolat α -Mangostin

Formulasi	Konsentrasi (mg/mL)			Perbandingan		Hasil Pengujian PSA	
	Kitosan	TPP	α -Mangostin	Kitosan	TPP	Ukuran Partikel (nm)	Indeks Polidispersitas
F1	1,4		0,0125			813,0 \pm 0,818	0,604 \pm 0,004
F2	1,4		0,0250	5		1121,8 \pm 0,748	0,845 \pm 0,001
F3	1,4	1,47	0,0500		2	1475,7 \pm 0,287	1,049 \pm 0,009



Gambar 4. Diagram batang hasil evaluasi ukuran nanopartikel yang mengandung isolat α -Mangostin

Hasil dari evaluasi formula nanopartikel yang mengandung α -Mangostin menunjukkan adanya pengaruh dari penambahan konsentrasi α -mangostin dengan konsentrasi yang berbeda. Pada F1 (0,0125 mg/mL) hasil dari ukuran partikel yang didapat adalah 813 nm \pm 0,818 dengan indeks polidispersitas 0,604 \pm 0,004 dan F2 (0,0250 mg/mL) didapatkan hasil ukuran partikel yaitu 1121,8 nm \pm 0,748 dengan indeks polidispersitas 0,845 \pm 0,001 sedangkan pada F3 (0,0500 mg/mL)

hasil ukuran partikel yang didapat yaitu 1475,7 nm \pm 0,287 dengan indeks polidispersitas 1,049 \pm 0,009. Hasil evaluasi formula tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi α -Mangostin dapat meningkatkan ukuran partikel yang terbentuk, hal ini dimungkinkan terjadi karena peningkatan konsentrasi zat aktif yang digunakan dapat mempengaruhi ukuran partikel karena adanya konjugasi antara sistem pembawa polimer dengan zat aktif obat (Iswandana,

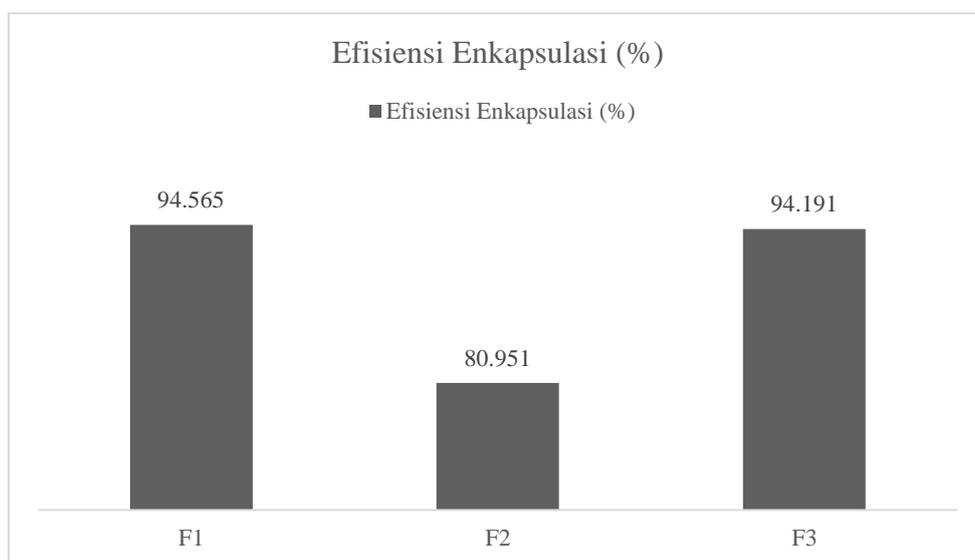
dkk., 2013). Sedangkan pada hasil dari indeks polidispersitas F2 yaitu 0,845 dan F3 yaitu 1,049 menunjukkan distribusi ukuran partikel yang tidak homogen. Sehingga berdasarkan analisis data tersebut dapat terlihat bahwa F1 merupakan formulasi nanopartikel α -Mangostin terbaik. Dimana hasil dari ukuran partikel memenuhi rentang 1-1000 nm dengan indeks polidispersitas yaitu $0,604 \pm 0,004$. Hasil ukuran partikel dan indeks polidispersitas memberikan gambaran kemampuan nanopartikel untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, dimana semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan akan meningkatkan luas permukaan kontak dan peningkatan afinitas dari sistem penghantaran pada berbagai target terapi. Sehingga dari hasil ini diharapkan formulasi sistem penghantaran nanopartikel dengan bahan aktif α -Mangostin mampu membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi bahan aktif obat yang diaplikasikan, sekaligus mampu mencegah obat bereaksi pada tempat yang tidak diharapkan atau tidak sesuai target terapi (Martien, R dkk, 2012).

Selanjutnya, dilakukan evaluasi efisiensi enkapsulasi terhadap formula nanopartikel α -Mangostin dengan tujuan untuk mengetahui zat aktif yang

terenkapsulasi di dalam nanopartikel. Pada tahap ini dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum α -Mangostin. Adapun panjang gelombang maksimum α -Mangostin yang diperoleh adalah 316 nm. Sementara itu, berdasarkan pengukuran kurva kalibrasi α -Mangostin diperoleh persamaan regresi linier yaitu $y = 0,0418x + 0,1776$ dengan nilai koefisien regresi (r^2) = 0,98. Setelah itu dilakukan pengukuran kadar sampel α -Mangostin yang tidak terenkapsulasi atau α -Mangostin bebas.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Efisiensi Enkapsulasi

Formula	Efisiensi Enkapsulasi (%)	Syarat (%)
F1	$94,565 \pm 0,563$	
F2	$80,951 \pm 0,767$	> 80
F3	$94,191 \pm 0,039$	



Gambar 5. Diagram batang hasil evaluasi efisiensi enkapsulasi nanopartikel α -Mangostin

Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa ketiga formulasi nanopartikel α -Mangostin telah memenuhi syarat efisiensi enkapsulasi yaitu dengan nilai di atas 80% (Firanitha, dkk., 2023). Efisiensi enkapsulasi di atas 80% ini menunjukkan bahwa isolat α -Mangostin berhasil terenkapsulasi dalam sistem pembawa nanopartikel.

Berdasarkan ulasan Begines, *et al.*, 2020 dijelaskan bahwa polimerik nanopartikel sebagai suatu sistem penghantaran diakui mampu meningkatkan ketersediaan hayati obat hingga penghantaran tertarget (*targeted drug delivery*). Hal ini dimungkinkan terjadi karena fleksibilitas polimer membuatnya berpotensi ideal untuk memenuhi

persyaratan dalam suatu sistem penghantaran obat tertentu. Sebagaimana yang telah dikakukan pada penelitian ini yakni pemilihan polimer kitosan dan Tripolifosfat (TPP) diharapkan sejalan dengan penelitian lainnya yang juga dilakukan oleh Iswandana, dkk., 2013 yaitu formulasi Verapamil hidroklorida yang dibuat dalam sistem penghantaran polimerik nanopartikel berbasis kitosan-NaTPP dengan tujuan yang sama yaitu meningkatkan bioavailabilitas zat aktif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa isolat α -Mangostin dapat diformulasikan ke dalam sistem penghantaran nanopartikel

dengan kitosan-TPP sebagai polimer. Adapun formula terbaik dengan ukuran partikel terkecil yang diperoleh yaitu F1 dengan konsentrasi kitosan 1,4 mg/mL; TPP 1,47 mg/mL; dan α -Mangostin 0,0125 mg/mL dengan ukuran partikel yaitu 813 nm \pm 0,818 dan indeks polidispersitas 0,604 \pm 0,004. Semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan akan meningkatkan luas permukaan kontak dan peningkatan afinitas dari sistem penghantaran pada target terapi. Sementara itu, nilai efisiensi enkapsulasi dari formula terbaik F1 yaitu sebesar 94,565% \pm 0,563 yang menunjukkan bahwa isolat α -Mangostin berhasil terenkapsulasi dalam sistem pembawa nanopartikel dan diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan hayati obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgawad, A. M. & Hudson, S. M. 2019. Chitosan nanoparticles: Polyphosphates cross-linking and protein delivery properties. *Int. J. Biol. Macromol.* 136, 133–142.
- Adhikari, H. S. 2018. Anticancer Activity of Chitosan, Chitosan Derivatives, and Their. 27–38.
- Amyliana, N. A., dan Agustini, R. 2021. Formulasi Dan Karakterisasi Nanoenkapsulasi *Yeast* Beras Hitam Dengan Metode Sonikasi Menggunakan Poloxamer. 10, 184–191.
- Anjum, S., Komal, A., Abbasi, B. H. & Hano, C. 2021. Nanoparticles as Elicitors of Biologically Active Ingredients in Plants. *Nanotechnol. Plant Growth Promot. Prot.* 170–202. doi:10.1002/9781119745884.ch9.
- Arsyi, N., Nurjannah, E., Ahlina, D., & Budiyati, E. 2018. Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Teknologi Bahan Alam.* 2 (2), 106–111.
- Ashok, C. H. & Rao, K. V. ScienceDirect 2017. Synthesis of Nanostructured Metal Oxide by Microwave-Assisted Method and its Humidity Sensor Application. *Mater. Today Proc.* 4, 3816–3824.
- Begines, B. *et al.* 2020. Polymeric nanoparticles for drug delivery: Recent developments and future prospects. *Nanomaterials.* 10, 1–41.
- Bonifácio, B. V. *et al.* 2014. Nanotechnology-based drug delivery systems and herbal medicines: a review. *Int. J. Nanomedicine* 9, 1–15 (2014).
- Firanitha, D., Izzaturrahmi, A., & Sopyan, I. 2023. Sistem Penghantaran Obat Limfatik: Peningkatan Bioavailabilitas Obat dengan

- Nanopartikel. *Majalah Farmasetika*. 8. 475. 10.24198/mfarmasetika.v8i5.47852.
- Iswandana, R., Anwar, E. & Jufri, M. 2013. Formulasi Nanopartikel Verapamil Hidroklorida dari Kitosan dan Natrium Tripolifosfat dengan Metode Gelasi Ionik. 6. 201–210.
- Martien, R., Adhyatmika., irianto, I., Farida, V., & Purwita, D. 2012. Perkembangan Teknologi Nanopartikel sebagai Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmaseutik*. 8(1), 133-144.
- Masitoh, A. & Sopyan, I. 2019. Formulasi Nanopartikel Tanaman Herbal Untuk Terapi Kanker. *Farmasetika.com (Online)* 4, 165–172.
- Nidyasari, R. S., Akmal, H. & Ariyanti, N. S. 2018. Karakterisasi Morfologi dan Anatomi Tanaman Manggis dan Kerabatnya (*Garcinia* spp.) di Taman Buah Mekarsari. *J. Sumberd. Hayati*. 4, 12–20.
- Pathak, Y. & Thassu, D. 2016. *Drug Delivery Nanoparticles Formulation and Characterization. Drug Delivery Nanoparticles Formulation and Characterization*. Vol. 191.
- Pedraza-Chaverri, J., Cárdenas-Rodríguez, N., Orozco-Ibarra, M. & Pérez-Rojas, J. M. 2008. Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *FoodChem. Toxicol*. 46. 3227–3239.
- Petiwala, S. M. et al. 2018. ScienceDirect Pharmacokinetic characterization of mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit extract standardized to α - mangostin in C57BL / 6 mice. *Nutr. Res*. 34, 336–345.
- Ragelle, H., Danhier, F., Préat, V., Langer, R. & Anderson, D. G. 2017. Nanoparticle- based drug delivery systems: a commercial and regulatory outlook as the field matures. *Expert Opin. Drug Deliv*. 14, 851–864.
- Riau Wati, R. & Chaerunisaa, A. Y. 2020. Review Teknik Mikroenkapsulasi Pada Ekstrak Mangosteen (A Review Of Microencapsulation Techniques In Mangosteen Extract). *J. Curr. Pharm. Sci*. 3, 2598–2095.
- Santos, A. C. et al. 2019. Nanotechnology for the development of new cosmetic formulations. *Expert Opin. Drug Deliv*. 16, 313–330.
- Savitry, P. E. & Wathoni, N. 2018. Karakterisasi Efisiensi Penjerapan Pada Nanopartikel Natrium Diklofenak Dalam Sediaan Topikal. *Farmaka* .16, 493–507.
- Wathoni, N. et al. 2019. Characterization and antioxidant activity of pectin from Indonesian mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind.

Heliyon **5**, e02299.

Zhang, Z., Tsai, P. & Ramezanli, T. 2013.

Polymeric nanoparticles-based topical delivery systems for the treatment of dermatological diseases.
doi:10.1002/wnan.1211.

Zhao, D. *et al.* 2018. Biomedical applications of chitosan and its derivative nanoparticles. *Polymers (Basel)*. 10.