



Formulasi dan Uji Sifat Fisik Sediaan Solid Lipid Nanopartikel (SLN) Ekstrak Propolis *Trigona Sp.* dengan Variasi Konsentrasi Tween 80

Laura Christiani Donalisa Mantovani^{1*}, Sapri², Rofidah Nur Umar³

¹⁻³Program Studi Farmasi, Universitas Mulia Balikpapan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: laura.christiani.19@gmail.com

Abstract. Propolis is a natural ingredient containing various bioactive compounds, such as flavonoids, terpenoids, and phenolic compounds. Solid Lipid Nanoparticles (SLN) is one of the delivery systems that has the potential to overcome bioactive compounds that have limited bioavailability and solubility. This study aims to determine the effect of variations in Tween 80 concentration on the physical properties of SLN formulations of *Trigona sp.* propolis extract. Experimental research with SLN formulations using the heat homogenization method using variations in Tween 80 concentrations of 0.5%; 1%; 2%; and 3%. Evaluations were carried out on organoleptic, homogeneity, pH, viscosity, stability, percent transmittance (%T), and entrapment efficiency (%EP). All SLN formulas had good initial organoleptic characteristics and homogeneity. Better organoleptic stability in F3 (Tween 80 2%) and F4 (Tween 80 3%) due to minimizing sedimentation and phase separation. The pH value was in the weak acid range, while the optimum viscosity was obtained at F2 (Tween 80 1%). The %T values of F3 and F4 were 72.72% and 79.43%, respectively, indicating the formation of a nano-sized dispersion system. The overall %EP value was 73.05–77.94%, with the highest value at F2 (Tween 80 1%), indicating that most of the phenolic compounds of the propolis extract were successfully encapsulated in the SLN lipid matrix. Variations in Tween 80 concentration affected the physical properties of the SLN.

Keywords: Entrapment Efficiency; Physical Properties; Propolis *Trigona sp.*; Solid Lipid Nanoparticles; Tween 80.

Abstrak. Propolis merupakan bahan alam yang mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, terpenoid, dan senyawa fenolik. Solid Lipid Nanopartikel (SLN) salah satu sistem penghantaran berpotensi mengatasi senyawa bioaktif yang memiliki bioavailabilitas dan kelarutan yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Tween 80 terhadap sifat fisik formulasi SLN ekstrak propolis *Trigona sp.* Penelitian eksperimental dengan formulasi SLN metode homogenisasi panas menggunakan variasi konsentrasi Tween 80 sebesar 0,5 %; 1 %; 2 %; dan 3 %. Evaluasi dilakukan terhadap organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, stabilitas, persen transmitansi (%T), dan efisiensi penjerapan (%EP). Seluruh formula SLN memiliki karakteristik organoleptik awal dan homogenitas yang baik. stabilitas organoleptik yang lebih baik pada F3 (Tween 80 2%) dan F4 (Tween 80 3%) karena meminimalkan sedimentasi dan pemisahan fase. Nilai pH pada kisaran asam lemah, sedangkan viskositas optimum diperoleh pada F2 (Tween 80 1 %). Nilai %T F3 dan F4 masing-masing sebesar 72,72% dan 79,43% mengindikasikan pembentukan sistem dispersi berukuran nano. Nilai %EP keseluruhan sebesar 73,15-78, 10%, dengan nilai tertinggi pada F2 (Tween 80 1%), yang menunjukkan sebagian besar senyawa fenolik ekstrak propolis berhasil terenkapsulasi dalam matriks lipid SLN. Variasi konsentrasi Tween 80 mempengaruhi karakteristik sifat fisik SLN.

Kata Kunci: Efisiensi Penjerapan; Propolis *Trigona sp.*; Sifat Fisik; Solid Lipid Nanopartikel; Tween 80..

1. LATAR BELAKANG

Propolis memiliki komposisi fitokimia yang banyak mengandung flavonoid, terpenoid, asam fenolik ester dan aldehida aromatik yang mampu memberikan khasiat terapeutik. Propolis juga menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap bakteri resisten obat, antikanker, imunomodulasi pada infeksi virus, efek anti inflamasi, dan antioksidan (Ballouk et al., 2025). Propolis memiliki potensi kuat sebagai alternatif pengobatan berbasis bahan alam dalam kontribusi pengembangan produk farmasi alami (Adlina et al., 2025).

Kandungan polifenol dan flavonoid pada propolis memiliki sifat multikomponen yang kompleks, sehingga memiliki tingkat kelarutan terbatas, fisik yang tidak stabil dan konsistensi

yang resin dan adhesive (Vaseghi et al., 2024). Faktor-faktor ini mempengaruhi penyerapan dan ketersediaan hayati senyawa bioaktif menyebabkan kapasitas transmembran yang buruk akibatnya mempengaruhi metabolisme dan aktivitas biologi zat aktif (Liu et al., 2025).

SLN merupakan *nano-carrier* berbasis lipid generasi pertama dan inovasi alternatif menggantikan pembawa koloid sebelumnya seperti liposom dan emulsi (Khoerunisa et al., 2020). Sistem ini memiliki keunggulan dalam mengontrol pelepasan, meningkatkan stabilitas senyawa zat aktif, dan mengurangi ketergantungan terhadap pelarut organik. SLN menjadi solusi untuk jenis senyawa yang tidak stabil seperti propolis (Subroto et al., 2023).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih mengkaji optimasi rasio komponen formulasi, penelitian ini secara khusus memfokuskan pada pengaruh variasi konsentrasi surfaktan Tween 80. Hal ini didasarkan pada peran penting surfaktan non-ionik dalam sistem SLN. Terutama dalam membentuk dan menjaga kestabilan antarmuka untuk mencegah agregasi dan koalesensi nanopartikel terhadap sifat fisik sediaan (Magalhães et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penerapan sistem pengantaran obat berbasis nanopartikel, khususnya SLN dalam pengembangan formulasi ekstrak propolis di Indonesia masih terbatas dilaporkan. Pada penelitian ini formulasi SLN dikembangkan dengan variasi konsentrasi surfaktan Tween 80 % sebesar 0,5 %, 1 %, 2 % dan 3 %. Evaluasi formulasi dilakukan melalui pengujian sifat fisik meliputi pH, organoleptis, viskositas, stabilitas % transmitansi (%T), dan efisiensi penyerapan.

2. KAJIAN TEORITIS

Propolis Lebah *Trigona*, sp

Propolis atau lem lebah salah satu produk yang dihasilkan oleh lebah bermanfaat untuk kesehatan manusia dan bernilai tinggi. Mengandung metabolit sekunder seperti senyawa fenolik, terpenoid dan alkaloid yang memainkan peran penting dengan interaksi termasuk perlindungan dan respon stress lingkungan (Sarapa et al., 2025). Kekayaan senyawa bioaktif dalam propolis, termasuk flavonoid, asam fenolik, dan terpen, menggarisbawahi potensi terapeutiknya yang beragam. Propolis menunjukkan khasiat seperti antimikroba (antibakteri, antijamur, anti-protozoa), antikanker, hepatoprotektif, antiinflamasi, antivirus, dan antioksidan (Zulkiflee et al., 2022).

Solid Lipid Nanopartikel (SLN)

SLN merupakan dispersi koloid berair, yang matriksnya terdiri dari lipid padat yang dapat terurai secara hayati (Lingayat et al., 2017). SLN sebagai sistem pembawa koloid yang terdiri dari inti lipid dengan titik leleh tinggi dan dilapisi dengan surfaktan cair, di mana surfaktan dengan konsentrasi sekitar 0,5–5% dapat meningkatkan stabilitas dispersi SLN (Mishra et al., 2018).

SLN terdiri dari tiga bahan utama, yaitu komponen aktif atau obat, lipid padat, dan surfaktan. Surfaktan bertindak sebagai penghalang antara matriks lipid di bagian luar partikel (Subroto et al., 2023). Setiap komponen penyusun SLN memiliki peran spesifik dalam mempengaruhi karakteristik SLN, termasuk stabilitas sistem, ukuran partikel efisiensi penyerapan, serta profil pelepasan. Pemilihan dan pengaturan komposisi formulasi secara tepat menjadi faktor penting untuk memperoleh SLN dengan kinerja terapeutik yang optimal (Chikka et al., 2025).

Tween 80 dalam Formulasi SLN

Tween 80 merupakan jenis surfaktan non-anionik yang mampu meningkatkan kestabilan dispersi nanopartikel serta menghambat terjadinya penggumpalan selama proses formulasi maupun penyimpanan (Chikka et al., 2025). Secara luas Tween 80 digunakan dalam sistem emulsi minyak dalam air. Sebagai surfaktan non-ionik Tween 80 tidak bermuatan dalam medium air dan memiliki gugus hidrofilik yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga berkontribusi terhadap pembentukan dan stabilisasi antarmuka lipid-air (Rowe et al., 2006).

Spektrofotometer UV-Vis

Instrumen spektrofotometer UV-Vis mengukur nilai transmitansi atau absorbansi sampel pada daerah ultraviolet (185-400 nm) dan cahaya tampak (400-760 nm). Spektrofotometri dapat sebagai perluasan pemeriksaan visual dengan studi yang lebih mendalam dari absorpsi energi. Absorpsi radiasi oleh suatu sampel diukur pada berbagai panjang gelombang dan dialirkan oleh suatu perekam untuk menghasilkan spektrum tertentu yang khas untuk komponen yang berbeda (Yudono, 2017).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental laboratorium karena berfokus pada formulasi dan uji sifat fisik sediaan Solid Lipid Nanopartikel (SLN) terhadap variasi konsentrasi Tween 80. SLN ekstrak propolis *Trigona, sp.* dievaluasi sifat fisik diantaranya uji organoleptis, uji stabilitas, uji homogenitas fisik, uji pH, uji viskositas, nilai transmittan (%T), dan nilai efisiensi penyerapan (%EP).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya: Spektrofotometer Uv-Vis (Thermo Scientific), timbangan analitik (Radwag As 220.R2), homogenizer (Silver Green D160), sentrifugator (Oregon), Viskometer (Ndj-BS), *Vortex mixer* (DLAB MX-S), *magnetic stirrer*, pH meter (ATC), gelas beaker (Pyrex), cawan porselen (MM), kaca arloji, batang pengaduk, gelas ukur (Herma), tabung reaksi (Iwaki), kaca preparat, pipet volume, mikropipet (Eppendorf), wadah, rak tabung, dan thermometer. Sementara bahan yang digunakan diantaranya: ekstrak etanol propolis *Trigona sp.*, *Gliseril Monostearat* (GMS), Tween 80, PEG-400, reagen Folin-Ciocalteu, aquadest, Natrium karbonat (Na_2CO_3), ethanol, aquadest, dan asam galat ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$).

Prosedur Kerja

Formulasi Solid Lipid Nanopartikel *Trigona sp.*

Tabel 1. Formula SLN.

Bahan	Jumlah Bahan (%)				Kegunaan
	F1	F2	F3	F4	
Ekstrak Propolis	1	1	1	1	Zat aktif
Gliseril Monostearat	1	1	1	1	Fase lipid
Tween 80	0,5	1	2	3	Fase air surfaktan
PEG-400	2	2	2	2	Fase air ko-surfaktan
Aquadest	ad 100				Pelarut

Pembuatan Sediaan Solid Lipid Nanopartikel

Pembuatan *Solid Lipid Nanoparticle* (SLN) dilakukan dengan metode homogenisasi panas menggunakan dua fase, yaitu fase lipid yang terdiri atas gliseril monostearat (GMS) dan ekstrak propolis *Trigona sp.*, serta fase air yang mengandung Tween 80, propilenglikol, dan akuades. Fase lipid dan fase air dipanaskan secara terpisah hingga mencapai suhu 70 °C, kemudian ekstrak propolis ditambahkan ke dalam GMS sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, fase air ditambahkan secara bertahap (*drop by drop*) ke dalam fase lipid hingga terbentuk emulsi minyak dalam air. Emulsi yang dihasilkan kemudian dihomogenisasi

pada kecepatan 24.000 rpm selama 10 menit pada suhu 70 °C, dilanjutkan homogenisasi tanpa pemanasan selama 15 menit hingga diperoleh dispersi suspensi SLN yang homogen.

Evaluasi Sifat Fisik Sediaan

a. Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan dengan mengamati setiap sampel formula SLN apakah terjadi perubahan bau, warna, kejernihan dan pemisahan fase yang menandakan sediaan tidak stabil (Nugraha et al., 2020).

b. Uji Stabilitas

Uji stabilitas SLN dilakukan melalui uji sentrifugasi dan *heating-cooling cycle*. Sampel SLN (15 mL) disentrifugasi pada 3000 rpm selama 30 menit sebanyak tiga siklus untuk mengamati terjadinya pemisahan fase. Selanjutnya, sampel disimpan pada suhu $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, kemudian pada suhu $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam sebagai satu siklus, dan diulang hingga enam siklus. Stabilitas fisik dievaluasi berdasarkan perubahan organoleptik dan pemisahan fase (Mardiyanto et al., 2021)

c. Uji Homogenitas

Pengujian dilakukan dengan menimbang sebanyak 50 mg sediaan SLN lalu dioleskan ke atas gelas objek dan kemudian ditutup dengan *cover glass*. Sediaan terlihat homogen secara fisik jika tidak terlihat massa yang menggumpal (Partono, 2025).

d. Uji pH

Sediaan ditentukan pH-nya menggunakan pH meter. Cara pengukuran pH adalah elektroda pH meter dicuci dengan aquades lalu dibilas dan dikeringkan.

e. Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan dengan menggunakan alat pengukur viskositas yaitu viscometer dengan rotor nomor 1.

f. Uji Nilai % Transmittan

Sebanyak 100 μL sediaan SLN diencerkan dengan 5 mL aquadest, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* selama 1 menit. Nilai absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 650 nm dengan aquadest sebagai blanko. Persen transmittan (%T) dihitung berdasarkan nilai absorbansi menggunakan persamaan $A = -\log \%T$ untuk menggambarkan kemampuan sampel meneruskan cahaya (Abdassah, 2017; Trianita, Sapri, et al., 2024).

g. Uji % Efisiensi Penjerapan

Efisiensi penjerapan (%EP) ditentukan melalui penetapan kadar fenolik total menggunakan metode Folin–Ciocalteu. Panjang gelombang maksimum ditentukan menggunakan larutan standar asam galat, kemudian dibuat kurva kalibrasi asam galat (40–90 ppm) dengan pengukuran absorbansi pada 765 nm menggunakan spektrofotometer UV–Vis (Sitorus et al., 2020). Kadar fenolik total ekstrak propolis ditentukan sebagai dasar perhitungan %EP mengikuti prosedur yang sama. Selanjutnya, masing-masing dispersi SLN disentrifugasi pada 4.000 rpm selama 45 menit untuk memisahkan supernatan yang mengandung senyawa fenolik bebas. Kadar fenolik pada supernatan dianalisis menggunakan metode Folin–Ciocalteu, dan hasilnya dihitung sebagai ekivalen asam galat (GAE). Nilai %EP ditentukan berdasarkan perbandingan kadar fenolik total dengan kadar fenolik bebas yang tidak terjerap dalam sistem SLN (Budastra et al., 2022; Sitorus et al., 2020).

Nilai kadar fenolik total digunakan untuk menghitung efisiensi penjerapan (%EP) yang menggambarkan kemampuan sistem SLN mengenkapsulasi senyawa fenolik dalam matriks lipid. Persentase efisiensi penjerapan dihitung menggunakan persamaan berikut (Budastra et al., 2022; Mardiyanto et al., 2022):

$$EE (\%) = \frac{(TPCe - TPCs)}{TPCe} \times 100 \% \dots \dots \dots (I)$$

Keterangan:

EE : Persentase efisiensi penjerapan total fenolik propolis dalam sistem

TPCe : Kadar total fenolik ekstrak propolis

TPCs : Kadar total fenolik ekstrak propolis supernatan (tidak terjerap SLN)

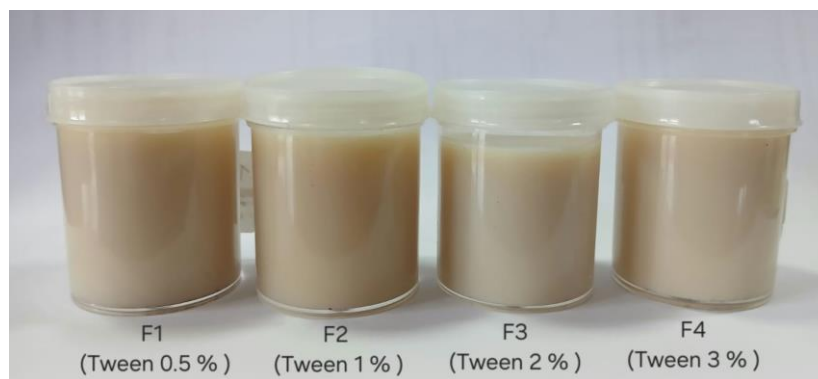
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi Solid Lipid Nanopartikel *Trigona, sp*

Penggunaan jenis lipid padat dalam formulasi SLN ini berdasarkan kemampuan membentuk matriks lipid padat dalam menginkorporasi untuk melindungi senyawa aktif. Gliseril monostearate (GMS) digunakan sebagai lipid padat karena bersifat biokompatibel dan biodegradable, sehingga sesuai digunakan dalam sistem pengantaran berbasis lipid.

Konsentrasi surfaktan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik SLN, termasuk ukuran partikel, distribusi ukuran, stabilitas fisik, dan efisiensi enkapsulasi. Penggunaan Tween 80 sebagai surfaktan utama dan PEG-400 konsentrasi 2% sebagai ko-surfaktan mampu menghasilkan ukuran partikel SLN yang lebih kecil dan meningkatkan efisiensi penjerapan. Hal ini menjadi dasar penggunaan kombinasi surfaktan dan ko-surfaktan

digunakan dalam formulasi ini (Patel et al., 2012). PEG 400 sebagai ko-surfaktan karena bersifat sangat hidrofilik, mudah larut dalam fase akuatik, dan mampu meningkatkan fleksibilitas lapisan antarmuka ketika dikombinasikan dengan surfaktan non-ionik, sehingga berkontribusi pada kestabilan fisik formulasi SLN (Bukke et al., 2024). Hasil formulasi SLN ekstrak propolis *Trigona, sp* dengan variasi konsentrasi Tween 80 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Hasil Formula SLN Dengan Variasi Konsentrasi Tween 80.

Uji Organoleptik

Tabel 2. Karakteristik Organoleptik SLN Sebelum Uji Stabilitas Fisik.

Parameter Organoleptis	SLN Ekstrak Propolis Sebelum Uji Stabilitas			
	F1	F2	F3	F4
Warna	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan
Bau	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid
Fase Pemisahan	Tidak terjadi sedimentasi	Tidak terjadi sedimentasi	Tidak terjadi sedimentasi	Tidak terjadi sedimentasi
Konsistensi	Cair	Cair	Cair	Cair

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2. seluruh formula SLN berwarna putih keruh kekuningan, berbau khas lipid, berkonsistensi cair, serta tidak adanya sedimen maupun pemisahan fase. Karakteristik tersebut mengindikasikan terbentuknya sistem dispersi homogen antara fase lipid dan fase air, sesuai dengan karakteristik SLN sebagai sistem koloid terdiri atas partikel lipid padat yang terdispersi dalam medium berair yang mengandung surfaktan (Subroto et al., 2023).

Tabel 3. Karakteristik Organoleptik SLN Setelah Uji Stabilitas Fisik.

Parameter Organoleptis	Setelah Uji Stabilitas Termodinamika			
	F1	F2	F3	F4
Warna	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan
Bau	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid
Fase Pemisahan	Terjadi sedimentasi	Terjadi sedimentasi	Tidak terjadi sedimentasi	Tidak terjadi sedimentasi
Konsistensi	Cair	Cair	Cair	Cair

Tidak adanya perubahan ini mengindikasikan bahwa formulasi SLN ekstrak propolis *Trigona, sp.* memiliki stabilitas fisik yang baik terhadap perubahan suhu selama proses pengujian. Pada formula F3 dan F4 tidak mengalami sedimentasi, menunjukkan peningkatan konsentrasi Tween 80 mampu mempertahankan kestabilan partikel lebih terdispersi secara merata dalam sistem (Shabrina & Afifah Kumalasari, 2026).

Tabel 4. Karakteristik Organoleptik Setelah Uji Stabilitas Sentrifugasi.

Parameter Organoleptis	Setelah Uji Stabilitas Sentrifugasi			
	F1	F2	F3	F4
Warna	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan	Putih keruh kekuningan
Bau	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid	Khas lipid
Fase Pemisahan	Terbentuk dua fase dan sedimentasi	Sedikit sedimentasi	Sedikit sedimentasi	Sedikit sedimentasi
Konsistensi	Cair	Cair	Cair	Cair

Pengamatan setelah uji sentrifugasi pada Tabel 4. menunjukkan seluruh formula tidak mengalami perubahan warna, bau, dan konsistensi. Namun, fase pemisahan terbentuk dua fase disertai sedimentasi pada F1. Formula F2, F3, dan F4 memiliki kestabilan fisik yang lebih baik dibandingkan F1 dalam mempertahankan homogenitas terhadap gaya sentrifugal yang diberikan. Tween 80 sebagai surfaktan nonionik membentuk lapisan yang menghasilkan hambatan sterik (*steric hindrance*) sehingga dapat mengurangi interaksi antarpartikel dan mencegah terjadinya agregasi. Oleh sebab itu, stabilitas dispersi SLN dapat dipertahankan sehingga resiko terjadinya pemisahan fase menjadi lebih kecil (Zubaydah et al., 2023).

Uji Homogenitas Fisik

Tabel 5. Hasil Uji Homogenitas Fisik SLN.

Formula SLN Ekstrak Propolis	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
F1	Homogen	Homogen	Homogen
F2	Homogen	Homogen	Homogen
F3	Homogen	Homogen	Homogen
F4	Homogen	Homogen	Homogen

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 5, seluruh formula SLN ekstrak propolis menunjukkan distribusi yang homogen tanpa gumpalan, partikel kasar, maupun pemisahan komponen secara visual. Hasil ini menunjukkan fase lipid, surfaktan, dan ekstrak propolis telah terdispersi dengan baik. Proses homogenisasi juga mampu memperkecil dan mendispersikan droplet lipid secara merata. Hal ini sesuai dengan penelitian Khairnar et al. (2022) bahwa gaya geser tinggi selama homogenisasi berperan dalam menghasilkan partikel submicron dan meningkatkan keseragaman dispersi. Pembentukan emulsi minyak dalam air (o/w) pada metode homogenisasi panas terkait gaya turbulen yang dihasilkan selama proses homogenisasi (Duan et al., 2020). Oleh karena itu, seluruh formula menunjukkan bahwa sistem dispersi SLN yang terbentuk homogen memiliki stabilitas fisik awal yang baik.

Uji pH

Tabel 6. Hasil Pengujian pH Sebelum dan Sesudah Stabilitas.

Formula	pH Sebelum Stabilitas		pH Sesudah Stabilitas		Selisih Nilai pH
	Rata-Rata	± SD	Rata-Rata	± SD	
F1	4,17	0.03	4,79	0,01	0,62
F2	4,4	0,01	4,65	0,06	0,25
F3	4,41	0,02	4,43	0,02	0,02
F4	4.55	0,03	4,63	0,01	0,08

Analisis statistik uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan data terdistribusi normal dan uji *Levene* menunjukkan varians yang homogen ($p > 0,05$), sehingga pengujian dilanjutkan menggunakan *One Way ANOVA*. Hasil uji menunjukkan bahwa variasi konsentrasi Tween 80 memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai pH SLN ekstrak propolis *Trigona, sp.* ($p < 0,05$). Seluruh formula masih berada dalam rentang pH yang relatif berdekatan dan tetap berada pada karakteristik pH asam. Sifat asam tersebut juga berkaitan dengan kandungan senyawa fenolik dalam ekstrak propolis, terutama gugus hidroksil yang berkontribusi terhadap keasaman sistem SLN.

Tabel 7. Hasil Statistik Uji Post Hoc Tukey Nilai pH SLN.

Formula	N	Subset for alpha = 0,05		
		Subset 1	Subset 2	Subset 3
F1	3	4,17	-	-
F2	3	-	4,40	-
F3	3	-	4,41	-
F4	3	-	-	4,55
Sig.		1.000	0.994	1.000

Keterangan: Formula pada subset yang sama tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$).

Hasil uji *Post Hoc Tukey* menunjukkan bahwa F2 dan F3 berada pada subset yang sama, sehingga keduanya tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Sebaliknya, F1 dan F4 masing-masing berada pada subset yang berbeda, menunjukkan adanya perbedaan nilai pH yang signifikan terhadap formula lainnya ($p < 0,05$). Hasil ini mengindikasikan bahwa variasi konsentrasi Tween 80 mempengaruhi nilai pH sediaan SLN ekstrak propolis.

Tabel 8. Hasil Uji Paired T-test Nilai pH Sebelum dan Sesudah Uji Stabilitas.

Parameter	n	t-hitung	t-tabel ($\alpha = 0,05$; df= 11)	p-value	Keputusan
pH sebelum dan sesudah uji stabilitas	12	2,922	2,201	0,014	H ₀ ditolak

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *paired T-test*, diperoleh nilai t-hitung sebesar 2,922 lebih besar daripada t-tabel sebesar 2,201 pada taraf signifikansi 5 % (df=11). Kondisi ini menunjukkan bahwa H₀ ditolak dan H₁ diterima, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH sebelum dan sesudah uji stabilitas. Hal ini juga didukung oleh nilai *p-value* sebesar 0,014 ($p < 0,05$) bahwa perubahan pH yang terjadi setelah uji stabilitas bersifat signifikan secara statistik. Namun demikian, secara keseluruhan nilai pH seluruh formula SLN masih berada dalam rentang pH yang sesuai untuk sediaan topikal.

Uji Viskositas

Tabel 9. Hasil Uji Viskositas SLN.

Formula	Viskositas SLN (cps)			Rata-Rata	± SD
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3		
F1	11,1	11,1	11,3	11,16	0,11
F2	45,2	45,6	46,1	45,63	0,45
F3	20,5	20,0	19,5	20,00	0,50
F4	8,25	7,93	8,12	8,10	0,16

Tabel 10. Pengelompokkan Formula Hasil Uji *Dunn-Bonferroni* Viskositas.

Formula	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
F1	3	-	11,16	-
F2	3	-	-	45,63
F3	3	-	20,00	-
F4	3	8,10	-	-

Keterangan: Formula pada subset yang sama tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$).
Formula pada subset yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$)

Hasil uji *Dunn-Bonferroni* pada Tabel 12 menunjukkan bahwa F1 dan F3 tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$), sedangkan F2 dan F4 berbeda signifikan ($p < 0,05$), yang mengindikasikan konsentrasi Tween 80 mempengaruhi viskositas masing-masing formula. Meskipun demikian, seluruh formula masih memiliki viskositas yang relatif rendah (8,10-45,63 cP), hal ini sesuai dengan karakteristik umum sistem nanopartikel berbasis minyak dalam air yang didominasi oleh fase kontinu air dan surfaktan hidrofilik (Shabrina & Khansa, 2022). Oleh karena itu, seluruh formulasi SLN tetap menunjukkan sistem dispersi homogen dengan karakteristik alir yang baik.

Pada penelitian ini, F2 dengan konsentrasi Tween 80 sebesar 1 % menghasilkan viskositas tertinggi, sedangkan peningkatan konsentrasi Tween 80 menjadi 2 % (F3) dan 3 % (F4) justru menurunkan viskositas. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi Tween 80 dan viskositas tidak bersifat linear, sehingga terdapat konsentrasi surfaktan yang menghasilkan kondisi dispersi optimum.

Uji Nilai Persen Transmittan

Tabel 11. Hasil Uji % Transmittan Sebelum dan Sesudah Stabilitas.

Formula	% Transmittan		% T Sesudah Stabilitas	
	Rata-Rata	± SD	Rata-Rata	± SD
F1	47,34 %	0,25	58,75 %	1,33
F2	48,53 %	1,02	47,71 %	0,95
F3	72,72 %	0,82	67,27 %	2,30
F4	79,43 %	1,25	73,33 %	0,68

Pada penelitian ini, peningkatan konsentrasi Tween 80 dari 0,5% menjadi 1 % hanya menghasilkan kenaikan nilai %T yang relatif kecil. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi menjadi 2 % dan 3% diikuti kenaikan nilai transmittan yang jelas. Hal ini menunjukkan pada konsentrasi Tween yang lebih tinggi mampu memberikan stabilitas antarmuka yang lebih efektif sehingga sistem dispersi menjadi lebih homogen dan cahaya dapat diteruskan dengan lebih baik (Chen et al., 2023).

Nilai % T F3 (72,72 %) dan F4 (79,43 %) mendekati rentang nilai transmittan nanoemulsi berbasis Tween 80 yang dilaporkan oleh Ashagrie et al. (2025). Nilai % T yang tinggi mengindikasikan terbentuknya karakteristik sistem dispersi yang lebih homogen dan mengarah pada pembentukan partikel berukuran nano (Shabrina & Khansa, 2022).

Tabel 12. Hasil Uji *Dunn-Bonferroni* Nilai % Transmitan.

Formula	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
F1	3	47,35 %	-	-
F2	3	-	48,53 %	-
F3	3	-	72,72 %	-
F4	3	-	-	79,43 %

Keterangan: Formula pada subset yang sama tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$).
Formula pada subset yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$)

Hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,016 ($p < 0,05$) bahwa variasi konsentrasi Tween 80 berpengaruh signifikan terhadap nilai % T SLN ekstrak propolis *Trigona, sp.* Analisis dilanjutkan menggunakan uji *post hoc Dunn-Bonferroni* untuk mengetahui pasangan formula yang memiliki perbedaan signifikan. Hasil uji menunjukkan bahwa F1 berbeda signifikan dengan F2, F3, dan F4 ($p < 0,05$). Sedangkan F2 dan F3 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu sama lain ($p > 0,05$), tetapi keduanya berbeda signifikan dibandingkan F1 maupun F4 ($p < 0,05$).

Tabel 13. Hasil Uji Paired T-test Nilai % T Sebelum dan Sesudah Uji Stabilitas.

Parameter	n	t-hitung	t-tabel ($\alpha = 0,05$; $df = 11$)	p-value	Keputusan
Nilai % T sebelum dan sesudah uji stabilitas	12	5,278	2,201	$< 0,001$	H_0 ditolak

Hasil uji *Paired t-test* pada Tabel 13 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai % T sebelum dan sesudah uji signifikan antara nilai persen transmitan sebelum dan sesudah uji stabilitas. Berdasarkan nilai rata-rata % T perubahan yang terjadi setelah uji stabilitas menunjukkan pola yang berbeda pada masing-masing formula. F1 mengalami peningkatan nilai % T, sedangkan F2, F3, dan F4 mengalami perubahan nilai % T setelah uji stabilitas.

Uji Efisiensi Penjerapan (%EP)

Tabel 14. Hasil Uji Nilai % Efisiensi Penjerapan.

Formula	Nilai % Efisiensi Penjerapan			Rata-Rata	$\pm$ SD
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3		
F1	77,31	77,91	77,31	77,51 %	0,36
F2	78,50	77,91	77,91	78,10 %	0,34
F3	74,32	73,73	73,73	74,12 %	0,34
F4	73,13	73,13	73,13	73,13 %	0,00

Berdasarkan Tabel 14 Nilai % EP yang diperoleh berada pada rentang 73,13-78,10% yang menunjukkan bahwa sebagian besar senyawa fenolik ekstrak propolis berhasil terenkapsulasi dalam matriks lipid SLN. Menurut Dhiman et al. (2021) dan Anwer et al. (2021), efisiensi penjerapan senyawa aktif pada sistem SLN umumnya berada di atas 70 %. Selain itu,

Subroto et al. (2023) yang melaporkan bahwa SLN yang mengenkapsulasi senyawa antioksidan fenolik memiliki % EP umumnya berada pada rentang 68-94 %. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan formulasi SLN mampu mengkapitulasi senyawa fenolik ekstrak propolis dengan baik.

Tabel 15. Hasil Uji *Dunn- Bonferroni* % Efisiensi Penjerapan SLN.

Formula	N	Subset 1	Subset 2
F1	3	77,51 %	77,51 %
F2	3	-	78,10 %
F3	3	74,12 %	74,12 %
F4	3	73,13 %	-

Keterangan: Formula pada subset yang sama tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$).
Formula pada subset yang berbeda menunjukkan berbeda signifikan ($p < 0,05$)

Hasil uji *Dunn-Bonferroni* menunjukkan bahwa F2 dan F4 memiliki % EP yang berbeda signifikan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Tween 80 tidak selalu meningkatkan nilai % EP. Nilai % EP tertinggi diperoleh pada konsentrasi Tween 80 1 %, sedangkan peningkatan konsentrasi menjadi 2 % dan 3 % justru diikuti oleh penurunan nilai % EP. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konsentrasi optimum Tween 80 sebesar 1 % adalah kondisi yang lebih optimum dalam mendukung proses enkapsulasi senyawa fenolik ke dalam matriks lipid SLN.

Formulasi dengan konsentrasi surfaktan yang lebih tinggi, sebagian senyawa fenolik lebih terdistribusi ke fase luar dibandingkan tetap terenkapsulasi dalam matriks lipid, menyebabkan fenolik yang terjerap berkurang sehingga nilai % EP menurun. Temuan ini sejalan dengan Khan et al. (2022) bahwa konsentrasi surfaktan yang tinggi dapat meningkatkan partisi senyawa aktif ke fase luar matriks, sehingga nilai % EP menjadi lebih rendah.

Hasil penelitian secara keseluruhan menunjukkan bahwa variasi konsentrasi Tween 80 tidak selalu meningkatkan nilai % EP. Nilai % EP tertinggi diperoleh pada konsentrasi Tween 80 sebesar 1 %, sedangkan peningkatan konsentrasi selanjutnya justru diikuti oleh penurunan nilai % EP. Berbeda dengan pola peningkatan nilai % T yang meningkat seiring bertambahnya konsentrasi Tween 80. Hasil ini mengindikasikan bahwa % EP tidak hanya dipengaruhi oleh homogenitas sistem dispersi, tetapi juga oleh interaksi antara konsentrasi surfaktan dan matriks lipid dalam formulasi SLN (Darabi et al., 2022).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh formula SLN ekstrak propolis *Trigona*, sp.asal Balikpapan memiliki karakteristik organoleptik dan homogenitas yang baik. Peningkatan konsentrasi Tween 80 meningkatkan stabilitas fisik sediaan serta mempengaruhi pH, viskositas, dan nilai % transmittan yang mengindikasikan pembentukan partikel berukuran nano. Seluruh formula menunjukkan efisiensi penyerapan (%EP) yang tinggi (73,13- 78,10 %), dengan F2 (Tween 80 1 %) memberikan efisiensi penyerapan tertinggi sebagai konsentrasi surfaktan yang paling optimal pada formulasi SLN ekstrak propolis.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi SLN meliputi ukuran partikel, indeks polidispersitas (PDI), potensial zeta, dan morfologi partikel. Optimasi variasi komposisi lipid dan surfaktan, profil pelepasan juga diperlukan untuk mendukung pengembangan SLN ekstrak propolis.

DAFTAR REFERENSI

- Adlina, M., Utami, I. W., & Meray, N. W. (2025). Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Propolis dari Lebah *Trigona* Sp asal Balikpapan terhadap *Candida Tropicalis*. *An-Najat*, 3(4), 11–23. <https://doi.org/10.59841/an-najat.v3i4.3377>
- Alfarisi, A. D., & Susilowati, S. (2024). Kajian Potensi Budidaya Lebah *Trigona* sp (Lebah madu kelulut) sebagai alternatif mata pencaharian masyarakat. *Jurnal Dinamika Rekasatwa*, 7(1), 175–185.
- Asita, N., Zubair, M. S., & Syukri, Y. (2023). Formulasi Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) yang Memanfaatkan Tanaman Obat: Narrative Review. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 10(2), 184. <https://doi.org/10.25077/jsfk.10.2.184-196.2023>
- Ballouk, M. A.-H., Altinawi, M., & Fudalej, P. S. (2025). The multifaceted therapeutic potential of propolis: an integrative report on its pharmacological properties and emerging advances. *Discover Applied Sciences*, 7(9), 962. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07648-0>
- Chikka, M., Vijetha, K. A., & Reddy, M. S. (2025). Solid lipid nanoparticles: a promising platform for controlled and targeted drug delivery. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 15(12), 115–121. <https://doi.org/10.22270/jddt.v15i12.7465>
- Duan, Y., Dhar, A., Patel, C., Khimani, M., Neogi, S., Sharma, P., Siva Kumar, N., & Vekariya, R. L. (2020). A brief review on solid lipid nanoparticles: part and parcel of contemporary drug delivery systems. *RSC Advances*, 10(45), 26777–26791. <https://doi.org/10.1039/D0RA03491F>

- Khan, A. S., Shah, K. U., Mohaini, M. Al, Alsalman, A. J., Hawaj, M. A. Al, Alhashem, Y. N., Ghazanfar, S., Khan, K. A., Niazi, Z. R., & Farid, A. (2022). Tacrolimus-Loaded Solid Lipid Nanoparticle Gel: Formulation Development and In Vitro Assessment for Topical Applications. *Gels*, 8(2), 129. <https://doi.org/10.3390/gels8020129>
- Khoerunisa, I., Najihudin, A., & Hindun, S. (2020). REVIEW ARTIKEL: SOLID LIPID NANOPARTICLES (SLN) METODE DAN KARAKTERISTIK. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 3(2), 307–316. <https://doi.org/10.36387/jifi.v3i2.548>
- Khongkaew, P., & Chaemsawang, W. (2021). Development and Characterization of Stingless Bee Propolis Properties for the Development of Solid Lipid Nanoparticles for Loading Lipophilic Substances. *International Journal of Biomaterials*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/6662867>
- Lingayat, V. J., Zarekar, N. S., & Shendge, R. S. (2017). Solid Lipid Nanoparticles: A Review. *Nanoscience and Nanotechnology Research*, 4(2), 67–72. <https://doi.org/10.12691/nnr-4-2-5>
- Liu, M., Li, X., Chen, H., Pan, F., Zheng, X., Battino, M., Tian, W., & Peng, W. (2025). Propolis as a promising functional ingredient: a comprehensive review on extraction, bioactive properties, bioavailability, and industrial applications. *Food Science and Human Wellness*, 14(10), 9250236. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2024.9250236>
- Navaei, F. S., & Asoodeh, A. (2023). Synthesis of optimized propolis solid lipid nanoparticles with desirable antimicrobial, antioxidant, and anti-cancer properties. *Scientific Reports*, 13(1), 18290. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45768-y>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Owen, S. C. (2006). *Handbook of Pharmaceutical Excipients Fifth Edition* (5th ed.). Pharmaceutical Press.
- Sarapa, A., Peter, A., Buettner, A., & Loos, H. M. (2025). Organoleptic and chemical properties of propolis: a review. *European Food Research and Technology*, 251(6), 1331–1352. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04708-y>
- Shabrina, A., & Afifah Kumalasari. (2026). KAJIAN NARASI PENGGUNAAN TWEEN 80 SEBAGAI SURFAKTAN UNTUK PENINGKATAN STABILITAS NANOEMULSI TOPIKAL. *CENDEKIA EKSAKTA*, 11(1), 34–45. <https://doi.org/10.31942/jice.v11i1.15553>
- Sri Maryani, Hery Haryanto, M. Taufik Fauzi, & Amrul Jihadi. (2024). Jenis Lebah Trigona Yang Dibudidayakan Dan Hama Yang Menyerang Di Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.29303/jima.v3i1.3559>
- Subroto, E., Andoyo, R., & Indarto, R. (2023). Solid Lipid Nanoparticles: Review of the Current Research on Encapsulation and Delivery Systems for Active and Antioxidant Compounds. *Antioxidants*, 12(3), 633. <https://doi.org/10.3390/antiox12030633>
- Taherzadeh, S., Naeimifar, A., Yeganeh, E. M., Esmaili, Z., Mahjoub, R., & Javar, H. A. (2020). Preparation, Statistical Optimization and Characterization of Propolis-Loaded Solid Lipid Nanoparticles Using Box-Behnken Design. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*. <https://doi.org/10.34172/apb.2021.043>
- Vaseghi, A., Parchin, R. A., Chamanie, K. R., Herb, M., Maleki, H., & Sadeghizadeh, M. (2024). Encapsulation of propolis extracted with methylal in the chitosan nanoparticles and its antibacterial and cell cytotoxicity studies. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(1), 165. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04472-8>

Yudono, B. (2017). *SPEKTROMETRI*. Simetri.

Zulkiflee, N., Taha, H., & Usman, A. (2022). Propolis: Its Role and Efficacy in Human Health and Diseases. *Molecules*, 27(18), 6120. <https://doi.org/10.3390/molecules27186120>