JURNAL FARMASIMED (JFM)
E-ISSN: 2655-0814
https://ejournal.medistra.ac.id/index.php/JFM

Formulasi dan Evaluasi Stabilitas Fisik Sediaan Nanogel Tenggiang (*Polystichum setiferum*) sebagai Agen Terapi Luka Bakar Masa Depan

Formulation and Physical Stability Evaluation of Tenggiang (Polystichum setiferum) Nanogel as a Future Therapeutic Agent for Burn Wounds

Nur Ulina M. Br. Turnip[1*], Novidawati Boru Situmorang[2], Yayuk Rahayu Suyudi[3], Rawinder Jit[4], Yogi Steven Simanullang[5]

[1,2,3,4,5] *Fakultas Farmasi, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia*
Email : nurulinambrturnip@medistra.ac.id

Abstrak

Latar Belakang: Luka bakar merupakan masalah kesehatan yang memerlukan terapi efektif untuk mempercepat penyembuhan dan mencegah infeksi. Nanogel menjadi salah satu sistem penghantaran obat yang berpotensi meningkatkan efektivitas terapi topikal. Tenggiang (Polystichum setiferum) secara empiris digunakan sebagai obat luka dan diketahui mengandung metabolit sekunder yang berpotensi memberikan aktivitas biologis. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan memformulasikan ekstrak etanol Tenggiang (Polystichum setiferum) dalam bentuk nanogel, mengevaluasi stabilitas fisiknya, serta menentukan formula terbaik dalam mempercepat penyembuhan luka bakar. **Metode:** Penelitian meliputi karakterisasi simplisia, ekstraksi etanol, skrining fitokimia, formulasi nanogel dalam tiga formula (F1, F2, dan F3), serta evaluasi stabilitas fisik meliputi organoleptik, pH, viskositas, dan daya sebar. Efektivitas penyembuhan luka bakar dievaluasi pada tikus jantan selama 14 hari berdasarkan perubahan diameter luka dan persentase penyembuhan. **Hasil:** Simplisia memiliki kadar air 8,71%, sedangkan ekstrak etanol yang diperoleh sebesar 15,42 g dari 500 g simplisia. Skrining fitokimia menunjukkan adanya alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin. Nanogel stabil secara organoleptik selama 4 minggu dengan pH 6,6–6,8. Viskositas F1, F2, dan F3 berturut-turut 10.350, 11.750, dan 23.650 cps, sedangkan daya sebar masing-masing 6,8; 6,6; dan 6,4 cm. Pada hari ke-14, F3 menunjukkan penyembuhan luka tertinggi sebesar 93,3%. **Kesimpulan:** Nanogel ekstrak etanol P. setiferum memiliki stabilitas fisik yang baik dan berpotensi sebagai sediaan topikal untuk terapi luka bakar, dengan F3 sebagai formula paling optimal berdasarkan persentase penyembuhan luka.

Kata kunci: *Tenggiang; Nanogel; Stabilitas Fisik; Tikus putih; Luka bakar*

Abstract

***Background**: Burns are a health problem that require effective therapy to accelerate healing and prevent infection. Nanogels are one of the drug delivery systems with the potential to improve the effectiveness of topical therapy. Tenggiang (Polystichum setiferum) has traditionally been used as a wound remedy and is known to contain secondary metabolites with potential biological activities.* ***Objective**: This study aimed to formulate an ethanolic extract of Tenggiang (Polystichum setiferum) into a nanogel, evaluate its physical stability, and determine the best formulation for accelerating burn wound healing.* ***Methods**: The study included simplicia characterization, ethanol extraction, phytochemical screening, formulation of nanogels into three formulations (F1, F2, and F3), and evaluation of physical stability, including organoleptic properties, pH, viscosity, and spreadability. Burn wound healing efficacy was evaluated in male rats for 14 days based on changes in wound diameter and the percentage of wound healing.* ***Results**: The simplicia had a moisture content of 8.71%, while 15.42 g of ethanolic extract was obtained from 500 g of simplicia. Phytochemical screening revealed the presence of alkaloids, flavonoids, tannins, and saponins. The nanogels remained organoleptically stable for 4 weeks, with a pH range of 6.6–6.8. The viscosities of F1, F2, and F3 were 10,350, 11,750, and 23,650 cps, respectively, while their spreadability values were 6.8, 6.6, and 6.4 cm, respectively. On day 14, F3 showed the highest wound healing percentage at 93.3%.* ***Conclusion**: The nanogel containing ethanolic extract of P. setiferum demonstrated good physical stability and potential as a topical formulation for burn wound therapy, with F3 being the most optimal formulation based on the percentage of wound healing.*

***Keywords*:** *Tenggiang; Nanogel; Physical Stability; White Rats; Burns*

[*]Corresponding author: Nur Ulina M. Br. Turnip, Fakultas Farmasi, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia.
E-mail : nurulinambrturnip@medistra.ac.id
Doi : 10.35451/jfm.v9i1.3819
Received : October 15, 2026, Accepted: October 24, 2026, Published: October 30, 2026
Copyright: © 2026 Nur Ulina M. Br. Turnip (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Luka bakar merupakan salah satu jenis luka yang paling sering dialami oleh masyarakat (1). Luka bakar dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti paparan api, air panas, bahan kimia, maupun listrik, dan tingkat keparahannya bervariasi mulai dari luka ringan hingga luka yang memerlukan perawatan medis intensif (2)(3). Pengobatan luka bakar cenderung membutuhkan biaya yang relatif mahal (4). Hal ini menyebabkan penanganannya kurang efektif sehingga memperlama proses penyembuhan dan meningkatkan risiko terkena infeksi (5). Selain itu, keterbatasan akses terhadap fasilitas kesehatan dan ketersediaan obat yang sesuai juga menjadi faktor yang memperburuk kondisi pasien, terutama di daerah dengan layanan medis terbatas (6)(7). Oleh karena itu, diperlukan solusi pengobatan yang lebih terjangkau dan efektif untuk mempercepat proses penyembuhan serta mencegah komplikasi lebih lanjut.

Sediaan farmasi dalam bentuk semisolid seperti gel banyak digunakan dalam penggunaan terapi luka bakar (8). Salah satu inovasi sediaan farmasi yang efektif untuk terapi luka bakar adalah nanogel (9). Ukuran partikelnya yang sangat kecil memungkinkan pelepasan obat yang berkelanjutan dan terkontrol sehingga menurunkan potensi toksisitas. Selain itu, struktur hidrofilik nanogel membantu mempertahankan kelembapan luka, mengurangi inflamasi, dan mempercepat regenerasi jaringan (10)(11). Dengan karakteristik tersebut, nanogel menjadi alternatif terapi yang menjanjikan dibandingkan sediaan gel konvensional dalam pengobatan luka bakar. Tenggiang merupakan tumbuhan perdu di daerah Toba Samosir yang biasanya digunakan sebagai obat luka secara empiris (12). Pemeriksaan senyawa metabolit sekunder yang terkandung di dalam bahan alam tersebut menjadi hal utama yang penting dilakukan (13). Pada penelitian lainnya tenggiang sudah diteliti dapat memberikan efek antijamur, antioksidan, dan antiinflamasi (14). Hal ini berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder seperti golongan flavonoid, terpenoid/steroid, saponin dan fenolik yaitu senyawa bioaktif yang berpotensi dalam regenerasi jaringan dan penyembuhan luka (15).

Kejadian luka bakar meningkat dan menyebabkan infeksi dan komplikasi yang serius jika tidak ditangani dengan baik. Kebutuhan alternatif terapi saat ini dibutuhkan mempertimbangkan biaya pengobatan yang tinggi, keterbatasan efektivitas obat dalam mempercepat penyembuhan, serta risiko efek samping dari agen farmasi yang digunakan. Oleh karena itu, inovasi dalam formulasi obat berbasis bahan alami menjadi solusi yang potensial. Tenggiang dalam formulasi nanogel menjanjikan penghantaran bioactive compound secara maksimal dengan teknologi penghantaran dalam sediaan nanigel. Hal ini juga sejalan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 3 melalui peningkatan akses terhadap teknologi kesehatan yang aman dan berkelanjutan dan Pemanfaatan keanekaragaman hayati sebagai bahan baku juga mendukung SDG 12 melalui pemanfaatan sumber daya alam secara bertanggung jawab.

2. METODE

Alat

Blender (Philips), Oven (Memmert), centrifuge (MicroOne), particel size analizer (Malvern Panalytical), viskometer Brookfield DV-E, rotary evaporator (heidolph), homogenizer, sonikator, freeze dryer alat-alat gelas laboratorium (Pyrex), pH meter, kertas saring (whatman nomor 42), Analytical balance (Shimadzu), aluminium foil, wadah nanogel, alat cukur bulu, cawan porselin, pengaduk, kandang tikus, tempat minum tikus, dan APD.

Bahan

Tenggiang, tikus jantan, etanol absolut (Merck), etanol 96% (Merck) aquadest (WaterOne), asam asetat, kitosan, natrium tripolifosfat (TPP), carbopol 940, metil paraben, polietilenglikol (PEG) 400, tween 80, triethanolamine (TEA), paraffin cair, xylazine (Xyla), Na2SO4, pakan tikus dan sekam.

Prosedur

Penyiapan sampel

Pengumpulan sampel dilakukan secara purposif dan bagian yang digunakan adalah tenggiang dari Toba Samosir Sumatera Utara. Penelitian dilakukan di Laboratorium Farmakognosi, Kimia Organik, dan Mikrobiologi INKES Medistra Lubuk Pakam.

Formulasi Nanogel
Ekstrak kering tersebut kemudian digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi nanogel. Sediaan nanogel dibuat sebanyak 3 formula yang terdiri dari 3,75%, 7,5% dan 15% ekstrak.

Uji Ukuran Partikel dan Polidispersitas Indeks (PDI)
Distribusi ukuran partikel dan rata-rata Droplet Nanogel diukur menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Sebanyak 3 mL sediaan nanogel diisikan ke dalam kuvet lalu dimasukan pada PSA untuk diukur dropletnya, kemudian dilihat nilai partikelnya (18).

Uji Stabilitas Fisik Sediaan Nanogel
Uji Organoletik
Evaluasi ini mencakup pengecekkan bentuk, warna dan bau gel yang dilakukan secara visual.

Uji Homogenitas
Sediaan homogen ditandai dengan tidak adanya partikel menggumpal ataupun terbentuk butiran kasar.

Uji pH
Larutan dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam pH meter. Proses pengukuran pH dilakukan selama 2 menit.

Uji Daya Sebar
Timbang 500 mg gel dan letakkan di tengah cawan petri dan diamkan selama 1 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran diameter gel dengan cara mengukur rata-rata panjang beberapa diameter sisinya. Tambahkan 50 mg beban dan didiamkan selama 1 menit. Diameter gel dicatat

Uji viskositas
Penentuan viskositas sediaan nanocream ekstrak Maggot dilakukan sebelum dan sesudah penyimpanan selama 0, 1, 2, 3, 4 minggu pada suhu kamar menggunakan viskometer Brookfield DV-E.

Penyiapan tikus
Tikus di aklimatisasi selama 3-7 hari dengan menyesuaikan kondisi lingkungan yang stabil, seperti suhu (20-24°C), kelembaban (40-70%), serta siklus cahaya 12 jam terang dan 12 jam gelap.

Pembuatan, Perawatan dan Pengukuran Luka Bakar pada Tikus Jantan
Pembuatan luka bakar diawali dengan mencukur bulu tikus sehari sebelum perlakuan, yang mana masing masing hewan uji akan dilukai sebanyak 4 luka bakar. Prosedur penelitian dilakukan pada Diagram 4 di bawah ini.

3. HASIL

Hasil Pemeriksaan Makroskopik Dan Karakterisasi Simplisia
Hasil karakterisasi serbuk simplisia memenuhi syarat berdasarkan persyaratan pada Materia Medika Indonesia edisi VI yang mencantumkan kadar air tidak lebih dari 10%, sedangkan kadar air simplisia yang diperoleh adalah 8,71%. Pemeriksaan kadar air digunakan untuk mengetahui kandungan air dalam simplisia yang mudah mengabsopsi air dan berpotensi busuk akibat kadar air yang tinggi. Kadar air yang tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroba (16). Penetapan kadar sari larut air dan kadar sari larut etanol untuk mengetahui banyaknya sari larut dalam pelarut air dan etanol. Senyawa yang larut dalam air adalah glikosida, gula, gom, protein, enzim, zat warna, dan asam organik. Kadar sari larut air simplisia diperoleh 12,75 %. Kadar sari larut etanol simplisia 7,83%. Hasil penyarian 500 g serbuk simplisia tenggiang dengan pelarut etanol diperoleh ekstrak kental yang kemudian diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator* dan dikeringkan diperoleh 15,42 gram ekstrak (17).

Formulasi Nanogel
Uji Organoletik
Evaluasi ini mencakup pengecekkan bentuk, warna dan bau gel yang dilakukan secara visual. Uji organoleptik

nanogel tenggiang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Uji organoleptik Nanogel

Waktu (minggu)	Uji Organoleptis	F0	F1	F2	F3
0	**Warna**	Putih bening	Kuning muda	Kuning	Kuning
	Bentuk	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat
	Aroma	Khas	Vanilla	Vanilla	Vanilla
1	**Warna**	Putih bening	Kuning muda	Kuning	Kuning
	Bentuk	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat
	Aroma	Khas	Vanilla	Vanilla	Vanilla
2	**Warna**	Putih bening	Kuning muda	Kuning	Kuning
	Bentuk	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat
	Aroma	Khas	Vanilla	Vanilla	Vanilla
3	**Warna**	Putih bening	Kuning muda	Kuning	Kuning
	Bentuk	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat
	Aroma	Khas	Vanilla	Vanilla	Vanilla
4	**Bentuk**	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat
	Aroma	Khas	Vanilla	Vanilla	Vanilla

Uji pH

Hasil Data Pengukuran pH nanogel Ekstrak Etanol dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 2 Hasil Data Pengukuran pH Nanogel Ekstrak Etanol

Waktu (Minggu	F1	F2	F3
0	6,7	6,7	6,7
1	6,7	6,7	6,7
2	6,6	6,7	6,8
3	6,7	6,7	6,7
4	6,7	6,7	6,8
Rata-rata	6,68	6,7	6,74

Uji viskositas

Uji viskositas dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Viskositas Sediaan

Formula	Viskositas (cps)
F1	10,350
F2	11,750
F3	23,650

Uji Daya Sebar

Uji Daya Sebar dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Hasil Uji Daya Sebar Sediaan

Formula	Konsentrasi Basis Gel	Rata-rata Daya Sebar (cm)	Keterangan
F1	3,75	6,8 ± 0,2	Memenuhi
F2	7,5	6,6 ± 0,1	Memenuhi
F3	15	6,4 ± 0,2	Memenuhi

Pengukuran Luka Bakar pada Tikus Jantan

Hasil Pengukuran Diameter Luka Bakar Tikus (cm) dan Persentase Penyembuhan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Diameter Luka Bakar Tikus (cm) dan Persentase Penyembuhan

Hari	Kontrol Negatif	% Penyembuhan	Kontrol Positif	% Penyembuhan	Formula F1 (3,75%)	% Penyembuhan	Formula F2 (7,5%)	% Penyembuhan	Formula F3 (15%)	% Penyembuhan
0	3,0 ± 0,0	0%	3,0 ± 0,0	0%	3,0 ± 0,0	0%	3,0 ± 0,0	0%	3,0 ± 0,0	0%
3	2,8 ± 0,1	6,6%	2,6 ± 0,1	16,6%	2,6 ± 0,1	13,3%	2,5 ± 0,1	16,6%	2,5 ± 0,1	20%
7	2,5 ± 0,1	16,6%	2,4 ± 0,1	36,6%	2,3 ± 0,1	30%	2,2 ± 0,1	40%	2,2± 0,1	43,3%
10	2,2 ± 0,1	26,6%	1,2 ± 0,1	60%	1,4 ± 0,1	53,3%	1,3 ± 0,1	63,3%	1,2 ± 0,1	66,6%
14	1,9 ± 0,1	36,6%	0,7 ± 0,0	90%	0,6 ± 0,0	80%	0,4 ± 0,0	86,6%	0,2 ± 0,0	93,3%

4. PEMBAHASAN

Uji Organoletik

Berdasarkan hasil uji organoleptis sediaan nanogel Tenggiang (*Polystichum setiferum*) selama penyimpanan 4 minggu, dapat diketahui bahwa seluruh formula menunjukkan karakteristik fisik yang relatif stabil. Parameter organoleptis yang diamati meliputi warna, bentuk, dan aroma. Pengamatan dilakukan pada minggu ke-0 hingga minggu ke-4 untuk mengetahui adanya perubahan fisik yang dapat menunjukkan ketidakstabilan sediaan. Pada parameter warna, formula F0 menunjukkan warna putih bening, sedangkan F1 berwarna kuning muda, dan F2 serta F3 berwarna kuning. Warna tersebut tidak mengalami perubahan selama pengamatan hingga minggu ke-3. Perbedaan warna antarformula dapat berkaitan dengan keberadaan ekstrak Tenggiang dalam sediaan, sehingga semakin tinggi kandungan ekstrak, warna sediaan dapat menjadi lebih kuat. Tidak adanya perubahan warna selama penyimpanan menunjukkan bahwa sediaan relatif stabil dan tidak menunjukkan perubahan fisik yang berarti, seperti penggelapan atau perubahan warna yang mengindikasikan terjadinya degradasi bahan aktif (17).

Pada parameter bentuk, seluruh formula F0, F1, F2, dan F3 memiliki bentuk semi padat selama pengamatan. Kondisi tersebut tetap dipertahankan dari minggu ke-0 hingga minggu ke-4. Tidak ditemukan perubahan bentuk, pemisahan fase, maupun perubahan konsistensi secara visual. Stabilnya bentuk semi padat menunjukkan bahwa komponen penyusun nanogel masih mampu mempertahankan struktur sediaan selama masa penyimpanan. Pada parameter aroma, F0 tetap menunjukkan aroma khas, sedangkan F1, F2, dan F3 memiliki aroma vanilla selama masa pengamatan. Tidak ditemukan perubahan aroma pada masing-masing formula. Aroma vanilla pada formula yang mengandung ekstrak kemungkinan berasal dari bahan pewangi yang digunakan dalam formulasi untuk memberikan karakteristik aroma yang lebih dapat diterima. Stabilnya aroma menunjukkan tidak adanya perubahan organoleptis yang mencolok selama penyimpanan (18).

Secara keseluruhan, hasil uji organoleptis menunjukkan bahwa nanogel Tenggiang (*Polystichum setiferum*) memiliki karakteristik fisik yang relatif stabil selama penyimpanan hingga 4 minggu. Tidak adanya perubahan pada bentuk dan aroma serta konsistensi warna yang tetap menunjukkan bahwa sediaan tidak mengalami perubahan organoleptis yang berarti. Hasil ini menjadi salah satu indikator awal bahwa formulasi nanogel memiliki stabilitas fisik yang baik dan berpotensi dikembangkan sebagai sediaan topikal untuk terapi luka bakar. Namun, stabilitas sediaan tidak hanya ditentukan berdasarkan pengamatan organoleptis, sehingga perlu didukung dengan hasil uji fisik lainnya seperti homogenitas, pH, daya sebar, viskositas, ukuran partikel, dan indeks polidispersitas (PDI) (19).

Uji pH

Berdasarkan hasil pengukuran pH sediaan nanogel ekstrak etanol pada Tabel 2, diketahui bahwa nilai pH seluruh formula, yaitu F1, F2, dan F3, berada pada kisaran 6,6–6,8 selama penyimpanan 4 minggu. Pada minggu ke-0, ketiga formula memiliki nilai pH yang sama, yaitu 6,7. Pada minggu ke-1, nilai pH masing-masing formula juga

tetap sebesar 6,7. Pada minggu ke-2, F1 mengalami sedikit penurunan menjadi 6,6, sedangkan F2 tetap 6,7 dan F3 meningkat menjadi 6,8. Pada minggu ke-3, seluruh formula kembali menunjukkan nilai pH 6,7, sementara pada minggu ke-4 F1 dan F2 tetap memiliki pH 6,7, sedangkan F3 sebesar 6,8.

Nilai rata-rata pH yang diperoleh selama masa penyimpanan adalah 6,68 untuk F1, 6,70 untuk F2, dan 6,74 untuk F3. Perbedaan nilai pH antarformula relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa perubahan pH selama penyimpanan tidak signifikan secara fisik. Fluktuasi nilai pH yang terjadi, yaitu antara 6,6 hingga 6,8, masih menunjukkan kondisi sediaan yang relatif stabil (9). Nilai pH tersebut juga berada pada kisaran yang sesuai untuk penggunaan sediaan topikal pada kulit (10). pH yang mendekati pH fisiologis kulit penting untuk mengurangi kemungkinan terjadinya iritasi serta menjaga kenyamanan ketika sediaan diaplikasikan (20). Dengan demikian, pH nanogel yang berada pada kisaran 6,6–6,8 dapat dikatakan cukup sesuai untuk penggunaan pada kulit, termasuk sebagai sediaan yang ditujukan untuk membantu terapi luka bakar.

Stabilnya nilai pH selama penyimpanan menunjukkan bahwa komponen dalam formula nanogel, termasuk ekstrak etanol Polystichum setiferum dan bahan pembentuk gel, tidak mengalami perubahan kimia yang cukup besar yang dapat menyebabkan perubahan keasaman sediaan. Tidak adanya perubahan pH yang drastis juga menjadi salah satu indikator bahwa sediaan memiliki stabilitas fisik yang baik selama penyimpanan 4 minggu (20). Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa F1, F2, dan F3 memiliki pH yang relatif stabil dengan rata-rata masing-masing 6,68; 6,70; dan 6,74. Oleh karena itu, berdasarkan parameter pH, ketiga formula nanogel ekstrak etanol Polystichum setiferum dapat dinilai memiliki karakteristik yang sesuai untuk dikembangkan sebagai sediaan topikal dalam terapi luka bakar.

Uji viskositas

Berdasarkan hasil pengukuran viskositas pada Tabel 3, diketahui bahwa nilai viskositas sediaan nanogel ekstrak etanol Polystichum setiferum berbeda pada setiap formula. Formula F1 memiliki viskositas sebesar 10.350 cps, F2 sebesar 11.750 cps, sedangkan F3 memiliki viskositas paling tinggi yaitu 23.650 cps. Perbedaan nilai viskositas tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak atau komponen pembentuk struktur nanogel dalam formula dapat memengaruhi kekentalan sediaan. F1 yang memiliki viskositas paling rendah menunjukkan konsistensi yang lebih mudah mengalir, sedangkan F3 dengan nilai viskositas tertinggi memiliki konsistensi yang lebih kental. Peningkatan viskositas dapat terjadi karena semakin banyak komponen padat atau polimer dalam sistem gel, sehingga interaksi antarkomponen menjadi lebih kuat dan menyebabkan hambatan terhadap aliran semakin besar (21).

Nilai viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi sediaan nanogel karena berhubungan dengan kemudahan pengaplikasian, kemampuan sediaan melekat pada kulit, serta kenyamanan penggunaan. Sediaan dengan viskositas terlalu rendah dapat lebih mudah mengalir dari area aplikasi, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sediaan sulit diratakan pada permukaan kulit. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan viskositas agar nanogel dapat diaplikasikan secara merata dan tetap berada pada area luka (22).
Berdasarkan hasil tersebut, F1 dan F2 menunjukkan viskositas yang relatif lebih rendah dibandingkan F3, sedangkan F3 menunjukkan peningkatan viskositas yang cukup besar. Meskipun demikian, ketiga formula tetap perlu dinilai bersama parameter fisik lainnya, seperti daya sebar, homogenitas, pH, ukuran partikel, dan stabilitas selama penyimpanan untuk menentukan formula yang paling optimal.

Dengan demikian, hasil uji viskositas menunjukkan bahwa perbedaan formula memengaruhi karakteristik kekentalan nanogel ekstrak etanol Polystichum setiferum. F1 memiliki viskositas 10.350 cps, F2 11.750 cps, dan F3 23.650 cps, dengan F3 sebagai formula yang memiliki viskositas paling tinggi. Perbedaan ini perlu dipertimbangkan dalam pemilihan formula terbaik untuk pengembangan nanogel sebagai sediaan topikal dalam terapi luka bakar.

Uji Daya Sebar

Berdasarkan hasil uji daya sebar pada Tabel 4, diketahui bahwa seluruh formula nanogel ekstrak etanol Polystichum setiferum memenuhi persyaratan daya sebar. Formula F1 dengan konsentrasi basis gel 3,75%

memiliki rata-rata daya sebar sebesar 6,8 ± 0,2 cm, F2 dengan konsentrasi basis gel 7,5% memiliki daya sebar sebesar 6,6 ± 0,1 cm, sedangkan F3 dengan konsentrasi basis gel 15% memiliki daya sebar sebesar 6,4 ± 0,2 cm. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penurunan daya sebar seiring dengan peningkatan konsentrasi basis gel. F1 memiliki daya sebar paling besar, sedangkan F3 memiliki daya sebar paling kecil. Hal ini dapat dikaitkan dengan peningkatan viskositas sediaan. Semakin tinggi konsentrasi basis gel, struktur gel menjadi semakin kuat dan sediaan semakin kental sehingga kemampuan sediaan untuk menyebar pada permukaan kulit menjadi lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan data viskositas, yaitu F1 memiliki viskositas 10.350 cps, F2 11.750 cps, dan F3 23.650 cps.

Daya sebar merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi sediaan topikal karena berkaitan dengan kemudahan pengaplikasian dan pemerataan sediaan pada permukaan kulit. Sediaan dengan daya sebar yang baik akan lebih mudah diratakan sehingga kontak sediaan dengan area luka menjadi lebih merata. Berdasarkan hasil penelitian, nilai daya sebar F1, F2, dan F3 masing-masing sebesar 6,8; 6,6; dan 6,4 cm, dan seluruhnya dinyatakan memenuhi persyaratan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi basis gel pada sediaan nanogel Polystichum setiferum menyebabkan peningkatan kekentalan yang diikuti dengan penurunan daya sebar. Meskipun demikian, seluruh formula masih memiliki daya sebar yang memenuhi persyaratan, sehingga F1, F2, dan F3 berpotensi digunakan sebagai sediaan topikal untuk mendukung pengembangan nanogel Tenggiang sebagai agen terapi luka bakar (22)

Pengukuran Luka Bakar pada Tikus Jantan

Berdasarkan Tabel 1, seluruh kelompok penelitian memiliki diameter luka bakar awal yang sama, yaitu 3,0 ± 0,0 cm pada hari ke-0, dengan persentase penyembuhan sebesar 0%. Keseragaman ukuran luka awal menunjukkan bahwa kondisi awal luka pada masing-masing kelompok relatif sama sehingga perubahan diameter luka selama pengamatan dapat digunakan untuk menggambarkan respons terhadap perlakuan.

Pada hari ke-3, kelompok kontrol negatif menunjukkan penurunan diameter luka menjadi 2,8 ± 0,1 cm dengan persentase penyembuhan 6,6%. Kontrol positif menunjukkan diameter 2,6 ± 0,1 cm dan penyembuhan 16,6%. Sementara itu, F1 memiliki diameter 2,6 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 13,3%, sedangkan F2 dan F3 masing-masing mencapai diameter 2,5 ± 0,1 cm dengan persentase penyembuhan 16,6% dan 20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sejak awal pengamatan kelompok yang diberikan nanogel, terutama F3, telah menunjukkan kecenderungan penyusutan luka yang lebih besar dibandingkan kontrol negatif.

Pada hari ke-7, proses penyembuhan semakin terlihat. Kontrol negatif memiliki diameter luka 2,5 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 16,6%, sedangkan kontrol positif mencapai 2,4 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 36,6%. Formula F1 menunjukkan diameter 2,3 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 30%, F2 sebesar 2,2 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 40%, dan F3 sebesar 2,2 ± 0,1 cm dengan penyembuhan tertinggi, yaitu 43,3%. Hal ini menunjukkan bahwa F2 dan F3 memberikan percepatan penyusutan luka yang lebih besar dibandingkan kontrol negatif, dengan F3 menunjukkan respons paling baik.

Pada hari ke-10, perbedaan antarkelompok semakin jelas. Kontrol negatif masih memiliki diameter luka 2,2 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 26,6%, sedangkan kontrol positif mencapai 1,2 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 60%. Formula F1 memiliki diameter 1,4 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 53,3%, F2 sebesar 1,3 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 63,3%, dan F3 sebesar 1,2 ± 0,1 cm dengan penyembuhan 66,6%. Dengan demikian, F3 menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik dibandingkan kontrol positif, sedangkan F2 juga menunjukkan persentase penyembuhan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol positif.

Pada hari ke-14, seluruh kelompok menunjukkan penyembuhan yang lebih lanjut. Kontrol negatif memiliki diameter luka 1,9 ± 0,1 cm dengan persentase penyembuhan 36,6%. Kontrol positif menunjukkan diameter 0,7 ± 0,0 cm dengan penyembuhan 90%, sedangkan F1 memiliki diameter 0,6 ± 0,0 cm dengan penyembuhan 80%. Formula F2 menunjukkan diameter 0,4 ± 0,0 cm dengan penyembuhan 86,6%, sementara F3 memberikan hasil

terbaik dengan diameter luka hanya 0,2 ± 0,0 cm dan persentase penyembuhan 93,3%. Berdasarkan data tersebut, F3 (15%) merupakan formula dengan hasil penyembuhan luka paling tinggi pada hari ke-14, bahkan sedikit lebih tinggi dibandingkan kontrol positif.
Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa bahan alam yang memiliki aktivitas antioksidan dan biologis dapat berpotensi mendukung proses penyembuhan luka (18). Penelitian mengenai Polystichum setiferum sebelumnya lebih banyak melaporkan aktivitas antioksidan, kandungan senyawa kimia, serta aktivitas antimikroba, tetapi penelitian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas P. setiferum dalam bentuk nanogel terhadap penyembuhan luka bakar masih terbatas. Salah satu penelitian melaporkan bahwa ekstrak alkohol P. setiferum memiliki aktivitas antioksidan dan mengandung berbagai senyawa seperti n-hexadecanoic acid, phytol, dan gamma-sitosterol (19). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa ekstrak etanol P. setiferum memiliki aktivitas antimikroba dengan zona hambat sekitar 7–10 mm terhadap beberapa bakteri uji. Aktivitas antioksidan dan antimikroba tersebut secara teoritis dapat mendukung lingkungan yang lebih kondusif bagi proses penyembuhan luka (20)(21).

Jika dibandingkan dengan penelitian menggunakan Aloe vera, hasil penelitian ini menunjukkan pola yang serupa. Penelitian pada tikus dengan luka bakar derajat dua melaporkan bahwa pemberian Aloe vera meningkatkan area penyembuhan dibandingkan kelompok tanpa perlakuan dan kelompok saline serta menunjukkan efek antiinflamasi dan penyembuhan luka. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemberian gel ekstrak Aloe vera dapat mempercepat penyembuhan luka bakar melalui peningkatan proliferasi fibroblas, jumlah makrofag, dan ketebalan epidermis (22).

Hasil penelitian ini juga dapat dibandingkan dengan penelitian pengembangan nanogel untuk luka bakar. Penelitian mengenai nanogel berbasis lignin menunjukkan bahwa nanogel dapat mempercepat penyembuhan luka bakar pada hewan percobaan dan meningkatkan ekspresi Ki-67 yang berkaitan dengan proliferasi sel. Penelitian nanogel silver sulfadiazine yang dikembangkan untuk luka bakar juga melaporkan bahwa sistem nanogel memberikan karakteristik penyembuhan luka yang lebih baik dibandingkan produk pembanding. Bahkan, pada penelitian lain, nanogel silver sulfadiazine menunjukkan penyembuhan sekitar 95,63% pada hari ke-14, dibandingkan 78,75% pada gel mikropartikel dan 48,65% pada kontrol.Dengan demikian, persentase penyembuhan 93,3% pada F3 pada hari ke-14 menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan dan berada pada kisaran yang sebanding dengan beberapa sistem nanogel atau bahan alam yang telah dilaporkan sebelumnya. Namun, perbandingan tersebut perlu dilakukan secara hati-hati karena terdapat perbedaan jenis bahan aktif, konsentrasi, jenis nanogel, metode induksi luka, hewan uji, serta metode penghitungan penyembuhan (23).

5. KESIMPULAN

Nanogel ekstrak etanol Tenggiang (*Polystichum setiferum*) berhasil diformulasikan dan menunjukkan karakteristik fisik yang relatif stabil selama penyimpanan 4 minggu. Seluruh formula memiliki pH 6,6–6,8 dan daya sebar yang memenuhi persyaratan, dengan viskositas F1, F2, dan F3 masing-masing sebesar 10.350, 11.750, dan 23.650 cps. Hasil uji penyembuhan luka bakar pada tikus menunjukkan bahwa seluruh formula memberikan efek penyembuhan, dengan F3 (konsentrasi basis gel 15%) menghasilkan efek terbaik, yaitu persentase penyembuhan sebesar 93,3% pada hari ke-14. Dengan demikian, nanogel ekstrak etanol *P. setiferum*, khususnya F3, berpotensi dikembangkan sebagai sediaan topikal untuk terapi luka bakar.

UCAPAN TERIMA KASIH
Terimakasih kepada Terimakasih sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memfasilitasi peneliti dalam melakukan penelitian dan Institut kesehatan Medistra Lubuk Pakam yang menyediakan fasilitas untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA
[1] Fitriani, R., Lestari, W., & Putri, A. (2021). Potensi protein dan kolagen dalam regenerasi jaringan luka bakar: Tinjauan literatur. Jurnal Farmasi dan Sains Terapan, 8(2), 101–110.
[2] Handayani, T., Sulastri, D., & Nuraini, P. (2022). Formulasi nanogel ekstrak lidah buaya (Aloe vera) dan uji aktivitas penyembuhan luka bakar pada tikus putih. Jurnal Sains Farmasi & Klinis, 9(1), 45–54.

[3] Haryanti, R., Dewi, K., & Andini, F. (2020). Efektivitas sediaan silver sulfadiazine dalam percepatan penyembuhan luka bakar. Jurnal Kedokteran dan Kesehatan, 7(3), 221–229.
[4] Pratiwi, D., Anggraini, F., & Widya, R. (2020). Aktivitas salep madu lebah terhadap penyembuhan luka bakar pada tikus putih (Rattus norvegicus). Jurnal Penelitian Kesehatan, 12(2), 67–75.
[5] Sari, D., Lubis, H., & Fauziah, R. (2021). Gel ekstrak ikan gabus (Channa striata) sebagai terapi luka bakar: Studi in vivo pada tikus putih. Jurnal Biomedis dan Farmasi, 5(1), 33–42.
[6] Wullur VM, Datu VV, Kristin Y, Kolang F, Takahindangen CJ, Komaling AV, et al. Efektifitas nanogel ekstrak kulit pisang Goroho (Musa acuminafe L.) terhadap luka bakar pada tikus putih (Rattus novergicus). 2025;13(2):95–100.
[7] Tsai SY, Lio CF, Yao WC, Liu CP, Shih SC, Wang TYT, et al. Cost-drivers of medical expenses in burn care management. Burns [Internet]. 2020;46(4):817–24. Available from: https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.01.004
[8] Markiewicz-Gospodarek A, Kozioł M, Tobiasz M, Baj J, Radzikowska-Büchner E, Przekora A. Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(3).
[9] Pradita EY, Wahyuni S. Synthesis of Chitosan-Alginate-Siam Orange (Citrus nobilis Lour) Extract and Its Antibacterial Activity. Indones J Chem Sci. 2023;12(1):58–69.
[10] Dewi NPDC, Rata KPP, Gresitha M Stella, Pradnaya IG. Combination of PVA Chitosan Collagen Membrane and Moringa oleifera Nano Gel for Oral Wound Healing (Literature Review). Bali Dent Sci Exhib. 2024;Jan(1):1–9.
[11] Ali A, Ali A, Rahman MA, Warsi MH, Yusuf M, Alam P. Development of Nanogel Loaded with Lidocaine for Wound-Healing: Illustration of Improved Drug Deposition and Skin Safety Analysis. Gels. 2022;8(8).
[12] Kamenova K, Radeva L, Yoncheva K, Ublekov F, Ravutsov MA, Marinova MK, et al. Functional Nanogel from Natural Substances for Delivery of Doxorubicin. Polymers (Basel). 2022;14(17):1–13.
[13] Elkomy MH, Alruwaili NK, Elmowafy M, Shalaby K, Zafar A, Ahmad N, et al. Surface-Modified Bilosomes Nanogel Bearing a Natural Plant Alkaloid for Safe Management of Rheumatoid Arthritis Inflammation. Pharmaceutics. 2022;14(3).
[14] Nurlita L, Sari WY, Ramadhan F. Studi Etnobotani Tumbuhan Berkhasiat Obat. J Farmasetis. 2023;12(4):457–72.
[15] Rosilina M, Maulana MT, Chempro S, Astuti DH. Sintesis dan Modifikasi Ukuran Partikel Nano-PCC dengan Penambahan Etilen Glikol. Chempro. 2023;3(1):45–50.
[16] Chan WS, Santobuono M, D'Amico E, Selck H. The antidepressant, sertraline, impacts growth and reproduction in the benthic deposit feeder, Tubifex tubifex. Ecotoxicol Environ Saf [Internet]. 2024;285(August):117134. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117134
[17] Saputra D. Tinjauan Komprehensif tentang Luka Bakar dan Penanganannya. J Sci Univ Andalas Padang [Internet]. 2023;207–18. Available from: http://journal.scientic.id/index.php/sciena/issue/view/12
[18] Idham S, Rasyid RN, Nanogel RNP. Potensi Nanogel Limbah Biji Alpukat (Persea americana Mill.) Sebagai Antioksidan Pencegah Penuaan Dini pada Kulit Wajah. J Mandala Pharmacon Indones. 2024;10(2):426–31.
[19] Dipahayu D, Kusumo GG. Formulasi dan Evaluasi Nano Partikel Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.) Varietas Antin-3. J Sains dan Kesehat. 2021;3(6):781–5.
[20] Nnamani PO, Ugwu AA, Nnadi OH, Kenechukwu FC, Ofokansi KC, Attama AA, et al. Formulation and evaluation of transdermal nanogel for delivery of artemether. Drug Deliv Transl Res [Internet]. 2021;11(4):1655–74. Available from: https://doi.org/10.1007/s13346-021-00951-4
[21] Mahdiani H, Yazdani F, Khoramipour M, Valizadeh V, Bakhshandeh H, Dinarvand R. Preparation and Physicochemical Characterization of Hyaluronic Acid-Lysine Nanogels Containing Serratiopeptidase to Control Biofilm Formation. Sci Rep [Internet]. 2024;14(1):1–14. Available from: https://doi.org/10.1038/s41598-024-56732-9
[22] Arias-Reyes C, Soliz J, Joseph V. Mice and Rats Display Different Ventilatory, Hematological, and Metabolic Features of Acclimatization to Hypoxia. Front Physiol. 2021;12(March):647882.
[23] Laguliga JA, Erviani AE, Soekendarsi E. Test The Potency Of Jatropha Sap Jatropha curcas Linn. On The Speed Of Wound Healing Burns On The Rats Skin Rattus norvegicus. Bioma J Biol Makassar [Internet]. 2021;6(2):74–83. Available from: http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma.