

Effectiveness Test of Nanogel Combination of Avocado Leaf Extract (*Persea americana* mill) and Taro Leaf Extract (*Colocasia esculenta* L.) on Healing Burn Wounds on the Skin of Male White Mice (*Mus musculus*)

Uji Efektivitas Nanogel Kombinasi Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* mill) Dan Daun Talas (*Colocasia esculenta* L.) Terhadap Penyembuhan Luka Bakar Pada Kulit Mencit Putih Jantan (*Mus musculus*)

Ririn Anjelin ^a, Indah Uminawati ^{a*}, Sukma Oktafiani Putri ^a, Yova Aditiatama ^a

^a Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Keluarga Bunda Jambi, Jambi, Indonesia.

*Corresponding Authors: indahumina@email.com

Abstrac

Burns are skin tissue damage that requires intensive treatment to prevent infection and accelerate cell regeneration. The combination of avocado leaf extract (*Persea americana* Mill.) and taro leaf extract (*Colocasia esculenta* L.) contains secondary metabolites such as flavonoids, saponins, and tannins that have the potential to heal burns. This study aims to formulate a nanogel preparation combining the extracts of the two plants and test its effectiveness in healing burns in male white mice. The extracts are combined in the form of nanogel preparations to increase the effectiveness of burn healing in mice. The preparations are made in three formula variations (F1, F2, and F3) and evaluated for their physical qualities including organoleptic, pH, spreadability, adhesion, stability (cycling test), irritation, and particle size (PSA). The results showed that the nanogel preparations met all physical quality standard parameters with particle sizes in the nano range. In vivo effectiveness tests for 14 days showed that all nanogel formulas were significantly able to accelerate burn healing compared to negative controls ($p < 0.05$). Formula 3 (F3), with the highest concentration, provided optimal healing effectiveness, equivalent to the positive control, with a healing percentage of 70% on day 14 and characterized by the fastest reduction in wound diameter. In conclusion, the nanogel preparation combining avocado and taro leaf extracts is effective in healing burns and meets the physical characteristics standards for nanogel preparations.

Keywords: Nanogel, Avocado Leaves, Taro Leaves, Burns, In Vivo.

Abstrak

Luka bakar merupakan kerusakan jaringan kulit yang memerlukan penanganan intensif untuk mencegah infeksi dan mempercepat regenerasi sel. Kombinasi ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) memiliki kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, dan tanin yang berpotensi sebagai penyembuh luka bakar. Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan sediaan nanogel kombinasi ekstrak kedua tanaman tersebut serta menguji efektivitasnya terhadap penyembuhan luka bakar pada mencit putih jantan. Ekstrak dikombinasikan dalam bentuk sediaan nanogel untuk meningkatkan efektivitas penyembuhan luka bakar pada mencit. Sediaan dibuat dalam tiga variasi formula (F1, F2, dan F3) dan dievaluasi mutu fisiknya meliputi organoleptis, pH, daya sebar, daya lekat, stabilitas (cycling test), iritasi, dan ukuran partikel (PSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sediaan nanogel memenuhi seluruh parameter standar mutu fisik dengan ukuran partikel berada pada rentang nano. Uji efektivitas in vivo selama 14 hari menunjukkan bahwa seluruh formula nanogel secara signifikan mampu mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan kontrol negatif ($p < 0,05$). Formula 3 (F3) dengan konsentrasi tertinggi memberikan efektivitas penyembuhan paling optimal yang setara dengan kontrol positif, dengan persentase penyembuhan sebesar 70% pada hari ke 14 dan ditandai dengan pengecilan diameter luka yang paling cepat. Kesimpulannya, sediaan nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat dan daun talas efektif dalam oenyembuhan luka bakar serta memenuhi standar karakteristik fisik sediaan nanogel.

Kata Kunci: Nanogel, Daun Alpukat, Daun Talas, Luka Bakar, In Vivo.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 07/06/2026,
Revised: 09/08/2026,
Accepted: 10/08/2026,
Available Online: 10/08/2026.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i3.1808>

Pendahuluan

Kulit berfungsi sebagai pelindung tubuh dari faktor eksternal seperti trauma, bahan kimia, mikroorganisme, dan perubahan suhu. Kulit tersusun dari epidermis dan dermis yang menjaga integritas jaringan dan kestabilan fisiologis tubuh [1]. Kerusakan kulit seperti luka bakar, memiliki angka kejadian yang cukup tinggi yang memerlukan penanganan cepat dan tepat [2]. Penanganan luka bakar berbasis terapi topikal sintetis sering kali terkendala oleh risiko iritasi, resistensi bakteri, dan tingginya biaya pengobatan, sehingga diperlukan pengobatan alternatif berbasis bahan alam. Daun talas (*Colocasia esculenta* L.) dan daun alpukat (*Persea americana* Mill.) kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid (sebagai antioksidan, antiradang, antibakteri dan antivirus), tanin (sebagai astringent atau menciutkan jaringan kulit), saponin (sebagai antibakteri dan antiradang), alkaloid (sebagai antiradang, antibakteri dan antivirus), dan steroid [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9].

Pada penelitian terdahulu, [3] dan [16] melakukan pengujian secara farmakologi menggunakan tanaman talas (*Colocasia esculenta* L.) dan alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai agen penyembuhan luka bakar pada kelinci. Efektivitas sediaan obat herbal topikal memiliki keterbatasan dalam hal penetrasi ke kulit yang belum maksimal, salah satunya dikarenakan ukuran partikel zat aktif sediaan yang belum optimal, sehingga menjadi dasar untuk mengembangkan bentuk sediaan topikal berupa nanogel, dengan mengkombinasikan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) dan alpukat (*Persea americana* Mill) untuk dijadikan sediaan nanogel yang dapat meningkatkan penetrasi, stabilitas, dan efektivitas zat aktif karena ukuran partikel yang kecil dan dilanjutkan uji farmakologi menggunakan mencit putih jantan [10]. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa sediaan nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat dan daun talas memiliki sifat fisik yang stabil serta secara signifikan efektif mempercepat penyembuhan luka bakar secara *in vivo* pada mencit putih jantan.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang meliputi pembuatan ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.), formulasi nanogel, evaluasi karakteristik sediaan, serta pengujian efektivitas penyembuhan luka bakar pada mencit putih jantan (*Mus musculus*).

Metode Analisis Data

Data disajikan sebagai rerata $\pm$ SD. Uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) dan homogenitas (*Levene*) dilakukan pada signifikansi $p > 0,05$. Perbedaan antar kelompok dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA* dilanjutkan uji *Post Hoc Tukey HSD* ($p < 0,05$). Khusus data pengukuran berulang harian (diameter luka), analisis dilakukan menggunakan *Repeated Measures ANOVA* disertai uji *Mauchly's Sphericity*, serta perhitungan *Area Under the Curve* (AUC) untuk membandingkan akumulasi kecepatan penyembuhan antar kelompok [11].

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ada sebagai bahan aktif dan pembantu sediaan. Untuk bahan aktif yang digunakan adalah ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.), daun talas (*Colocasia esculenta* L.). Bahan pembantu yang digunakan yaitu aquades, etanol 96%, gliserin, lidokain, metil paraben, trietanolamin,

carbapol 940®, tween 80, parafin cair, PEG 400, dan kontrol positif dengan sediaan gel yang beredar dipasaran dengan Bioplacenton®.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *rotary evaporator* (RIO®), neraca analitik (*Electronic Balance*) menimbang bahan, blender (Miyako), *magnetic stirrer* (HMS-79), kaca objek (YAZUMI), spatula (OMM), kertas saring (Whatman), botol gelap, pot salep, kandang, tabung reaksi (Pyrex), pH meter (ONEMED), gelas ukur (Pyrex), beaker glass (Pyrex), jangka sorong (Mitutoyo) mengukur diameter luka bakar, *aluminium foil* (Klinpak), pencukur bulu (*Gillette*), gunting, pipet tetes (ONEMED), penggaris, pinset (ONEMED), *sput* 1 cc (ONEMED) dan SPSS 26.

Prosedur Kerja

Sebanyak masing-masing 3 kg simplisia daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*colocasia esculental*) dimaserasi secara terpisah menggunakan pelarut etanol 96% destilat. Skrining fitokimia dilakukan langsung terhadap ekstrak kental untuk mengidentifikasi keberadaan alkaloid (pereaksi Mayer, Dragendorff), flavonoid (reagen Wilstatter dan FeCl₃), saponin (uji busa dengan HCl 2N), tanin dan fenolik (pereaksi FeCl₃ 1%), serta steroid dan triterpenoid (pereaksi Liebermann-Burchard) [12] [13] [14] [15] [16]. Basis gel dibuat dari Carbopol 940 yang dikembangkan dalam aquadest suhu 80-90°C dan di diamkan selama 24 jam dan ditambahkan TEA hingga jernih. Nanoemulsi disiapkan dengan mencampurkan fase minyak (ekstrak daun talas, daun alpukat dalam etanol 96% dan parafin cair) dan fase air (aquadest, Tween 80, PEG 400). Campuran dihomogenkan (5000 rpm, 1 jam), tambahkan metil paraben, dihomogenkan kembali selama 1 jam, lalu disonikasi selama 1 jam. Selanjutnya, nanoemulsi dan basis gel dicampur dengan perbandingan 75:25, dihomogenkan secara bertahap (3000 rpm dan 5000 rpm, masing-masing 5 menit), serta disonikasi kembali selama 1 jam hingga terbentuk nanogel yang homogen [17] [3] [10]. Penentuan variasi konsentrasi ekstrak pada setiap formula didasarkan pada konsentrasi optimum terbaik dari studi aktivitas farmakologi ekstrak tunggal terdahulu [3][16], yang kemudian dikombinasikan untuk mengevaluasi potensi efek sinergisme serta pengaruhnya terhadap karakteristik fisikokimia nanogel.

Tabel 1. Formulasi Basis Gel

Bahan Basis Gel	Kegunaan	Formulasi %		
		F 1	F 2	F 3
Carbopol 940	Gelling Agent	1,5	1,5	1,5
TEA (<i>Trietanolamin</i>)	Penetral	0,6	0,6	0,6
Aquades	Pelarut	Ad 100	Ad 100	Ad 100

Tabel 2. Formulasi Nanoemulsi Kombinasi Ekstrak Daun Talas dan Daun Alpukat

Bahan Basis Nano Emulsi	Kegunaan	Formulasi %		
		F 1	F 2	F 3
Ekstrak Daun Alpukat	Zat Aktif	10	5	7,5
Ekstrak Daun Talas	Zat Aktif	5	10	7,5
Parafin Cair	<i>Oil Phase</i>	4	4	4
Tween 80	<i>Surfaktan</i>	40	40	40
PEG 400	<i>Ko-Surfaktan</i>	20	20	20
Metil paraben	Pengawet	0,05	0,05	0,05
Aquades	Pelarut	Ad 100	Ad 100	Ad 100

Evaluasi Sediaan Nono Gel

1. Uji organoleptis

Organoleptik dilakukan melalui pengamatan visual berupa tekstur, kejernihan, warna, serta aroma [17].

2. Uji homogenitas

Gel sebanyak 0,5 gram. Sampel diratakan pada kaca objek bening dan ditutup kembali menggunakan kaca objek lainnya. Hasil yang diharapkan memiliki keseragaman warna, tidak terdapat partikel atau granul halus dari komponen gel yang belum terdispersi sempurna [18].

3. Uji pH

Standar pH sediaan topikal 4,5-6,5. Pengukuran pH dilakukan menggunakan alat ukur pH universal [19].

4. Uji daya sebar

Menimbang sediaan nanogel 0,5 gram, kemudian ditempatkan pada permukaan cawan petri dan ditutup dengan cawan petri lainnya. Diameter sebar nanogel diukur dari beberapa arah dan tambahkan beban sebesar 100 gram. Kriteria daya sebar 5-7 cm [20].

5. Uji daya lekat

Uji daya lekat bertujuan untuk mengetahui kemampuan gel melekat pada kulit. Pengujian dilakukan dengan mengoleskan 0,5 gram gel di antara dua kaca objek, diberi beban 250 g selama 5 menit lalu diukur waktu lekatnya. Standar uji daya lekat lebih dari 4 detik [21].

6. Uji iritasi

Sebanyak 0,5 gram gel diaplikasikan pada bagian dalam lengan bawah responden. Pengolesan dilakukan selama 24 jam dan diulang tiga kali (*triplo*). Reaksi iritasi ditandai adanya muncul gejala seperti kemerahan, rasa gatal, atau pembengkakan [22].

7. Uji stabilitas

Pengujian pada dua kondisi suhu yaitu 2°C (lemari es) dan 40°C (oven) dengan interval 3 hari [19].

8. Uji ukuran partikel dan *Polidispersitas Indeks* (PDI)

Metode yang digunakan *Dynamic Light Scattering* (DLS) dan alat yang digunakan *Particle size Analyzer* (PSA). Sebanyak 3 mL sediaan nanogel diisikan kedalam kuvet lalu dimasukkan pada PSA untuk diukur dropletnya, kemudian dilihat ukuran partikelnya [10].

Uji efektivitas penyembuhan luka bakar secara *in vivo* dilakukan pada mencit putih jantan (*Mus musculus*) yang diaklimatisasi selama 7 hari. Area punggung mencit dicukur dan diberi anestesi lokal lidokain, anestesi lokal lidokain untuk memblokir impuls nyeri serta meminimalisir stres hewan uji (*animal welfare*) saat pembuatan luka. Induksi luka bakar derajat IIA dilakukan secara terstandar menempelkan koin logam (diameter 1 cm, berat 10 g) yang dipanaskan di atas *hot plate* (80 – 90°C) pada punggung mencit selama 30 detik, hingga terjadi pengelupasan kulit. Selanjutnya, hewan uji dibagi menjadi beberapa kelompok perlakuan topikal sediaan nanogel kombinasi ekstrak etanol daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) dengan variasi konsentrasi F1 (10%:5%), F2 (5%:10%), dan F3 (7,5%:7,5%), serta kelompok kontrol positif (gel Bioplacenton®) dan kontrol negatif (tanpa perlakuan). Pengolesan sediaan dilakukan secara tipis dan merata 2 kali sehari (pagi dan sore) selama 14 hari, di mana pengamatan perubahan morfologi dan pengukuran diameter luka dilakukan setiap hari menggunakan jangka sorong hingga terbentuk jaringan parut baru yang menutup seluruh permukaan luka secara sempurna [23] [24].

Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dikumpulkan dari hasil pengamatan, kemudian dilakukan analisis data menggunakan standar deviasi, uji normalitas, uji homogenitas, dan uji *One-Way ANOVA* yang dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Tukey*. Hasil determinasi mengonfirmasi kebenaran sampel tanaman sebagai daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan Surat No. 83/HB/11/2025 dan daun talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) dengan Surat No. 84/HB/11/2025 dari Departemen Biologi FMIPA UNPAD. Persentase rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Ekstrak Kental (g)}}{\text{Berat Simplisia Kering (g)}} \times 100\%$$

Proses ekstraksi dari 300 g simplisia kering daun alpukat menghasilkan 90 g ekstrak kental (30%), Rendemen ekstrak kental daun alpukat (30%) memenuhi standar Farmakope Herbal Indonesia edisi II (> 26%) [25]. Ekstraksi dari 300 g simplisia kering daun talas menghasilkan 60 g ekstrak kental dengan rendemen sebesar 20%. Nilai rendemen ini berada pada rentang yang sebanding dengan hasil penelitian [26] yaitu sebesar 15%.

Ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) didapatkan dengan cara sampel daun segar yang dipetik lalu disortasi basah dan dicuci bersih menggunakan air mengalir. Selanjutnya, dilakukan perajangan dan pengeringan dengan oven pada suhu 55°C selama 30 menit dengan maksud untuk mengurangi kadar air serta mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Simplisia kering yang

diperoleh kemudian dihaluskan menggunakan blender untuk memperluas bidang permukaan sehingga memudahkan pelarut masuk ke dalam sel-sel daun alpukat dan daun talas untuk menarik senyawa metabolit sekunder bersama pelarut. Ekstraksi dilakukan dengan cara maserasi selama 2×24 jam menggunakan pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1 : 10, dilanjutkan dengan remaserasi selama 2×24 jam dan pengentalan maserat menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40–50°C. Skrining fitokimia ekstrak kental etanol daun alpukat dan daun talas dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat di dalam ekstrak etanol kedua tanaman tersebut.

Tabel 3. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Alpukat dan Daun Talas.

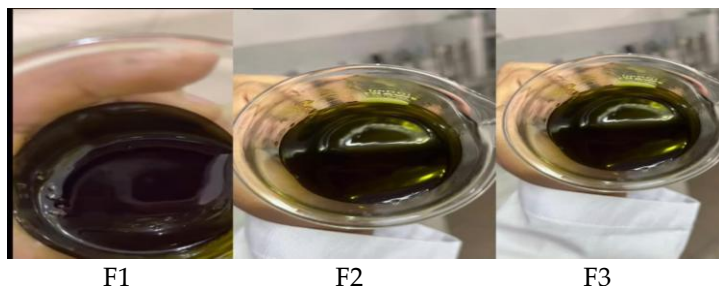
No	Senyawa Metabolit Sekunder	Pereaksi	Keterangan
1	Alkaloid	Mayer	+
		Dragendorf	+
2	Flavonoid	HCL+Serbuk	+
		Mg+Amil alkohol	
3	Saponin	Aquadest+HCL 1N	+
4	Tanin	Aquadest+FeCl ₃	+
5	Steroid	Kloroform+asam asetat anhidrat+asam sulfat	+
6	Triterpenoid	Kloroform+asam asetat anhidrat+asam sulfat	+
7	Fenolik	FeCl ₃	+

Keterangan :

+: terdeteksi

-: tidak terdeteksi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kental etanol daun alpukat maupun daun talas positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, triterpenoid, dan fenolik. Flavonoid (khususnya kuersetin) dan fenolik berperan sebagai antioksidan yang menetralkan radikal bebas serta pemicu pertumbuhan jaringan baru, sementara tanin membantu mengeringkan luka melalui efek astringent untuk menciutkan jaringan kulit. Saponin dan alkaloid berperan sebagai antibakteri serta merangsang pembentukan kolagen, sedangkan steroid membantu meredakan inflamasi (peradangan) sehingga mempercepat proses regenerasi jaringan baru pada luka bakar [27] [28] [29] [30].



Gambar 1. Nanogel kombinasi ekstraksi daun alpukat (*persea americana* Mill) dan daun talas (*colocasia esculenta* L).

Sediaan nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) dibuat dalam tiga variasi konsentrasi (F1 = 10%:5%, F2 = 5%:10%, dan F3 = 7,5%:7,5%). Hasil evaluasi organoleptis dan homogenitas menunjukkan bahwa seluruh sediaan memiliki karakteristik yang seragam, yaitu berbentuk semi padat dengan tekstur lembut, berwarna hijau tua terdispersi merata, berbau khas ekstrak, serta homogen tanpa adanya butiran kasar maupun pemisahan fase.

Berdasarkan hasil pengujian pH, diketahui bahwa sediaan nanogel F1, F2, dan F3 memiliki nilai pH sebesar $5,00 \pm 0,00$. Nilai pH sediaan tersebut dikatakan baik karena berada pada rentang pH normal kulit manusia, yaitu berkisar antara 4,5–6,5, sehingga aman digunakan secara topikal tanpa memicu timbulnya iritasi atau gangguan pada mantel asam alami kulit [31]. Berdasarkan hasil uji daya sebar dengan penambahan beban 100 gram, diperoleh rata-rata nilai daya sebar sediaan F1 sebesar $5,1 \pm 0,1$ cm, F2 sebesar $4,91 \pm 0,14$ cm, dan F3 sebesar $5,18 \pm 0,12$ cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sediaan nanogel (khususnya F1 dan F3) memenuhi syarat daya sebar ideal sediaan topikal (5–7 cm) sehingga memudahkan pengaplikasian obat pada area kulit tanpa memberikan penekanan berlebih [20].

Berdasarkan hasil uji daya lekat dengan beban 250 gram, diketahui bahwa sediaan nanogel F1 memiliki daya lekat selama 15 detik, F2 selama 13 detik, dan F3 selama 15 detik. Seluruh formulasi memenuhi syarat sediaan topikal yang baik (tidak kurang dari 4 detik), di mana daya lekat yang lama memungkinkan kontak zat aktif dengan stratum korneum berlangsung lebih optimal untuk mendukung penetrasi jaringan [21]. Berdasarkan hasil uji iritasi yang dilakukan terhadap 10 orang responden selama 24 jam pengamatan, menunjukkan bahwa seluruh sediaan nanogel tidak menimbulkan reaksi eritema (kemerahan) maupun edema (pembengkakan). Dengan demikian, sediaan nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat dan daun talas ini dinyatakan aman dan tidak iritatif untuk pemakaian luar pada kulit [22]. Berdasarkan hasil uji stabilitas menggunakan metode *cycling test* pada variasi suhu 2,1°C dan 40°C selama 6 siklus, menunjukkan bahwa sediaan nanogel F1, F2, dan F3 tetap stabil secara fisik. Tidak ditemukan perubahan organoleptis, perubahan homogenitas, maupun pemisahan fase (*koalesensi*) pada sistem nanoemulsi gel setelah perlakuan fluktuasi suhu ekstrim [19].

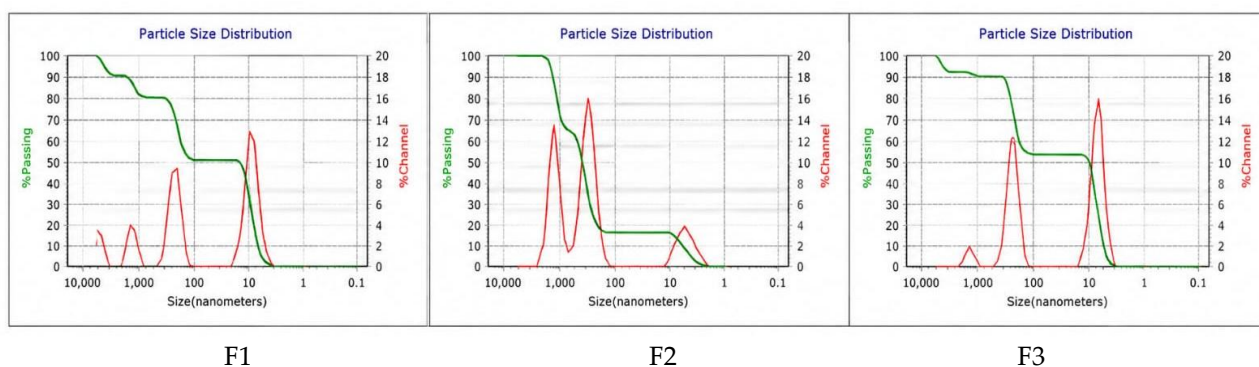
Tabel 4. Hasil Pengukuran *droplet size* dan polidispersitas indeks (PDI)

Formula	Ukuran Partikel (nm)	PDI	Zeta Potensial (mV)
F1	11,16	0,797	26,2
F2	543	0,653	16,2
F3	10,47	0,685	20,6

Ukuran partikel dikategorikan dalam skala nano apabila berada pada rentang 1–1000 nm, dengan ukuran optimal 10–500 nm pada sediaan farmasi untuk meningkatkan efektivitas penghantaran zat aktif serta stabilitas sistem[32]. Selain ukuran partikel, stabilitas fisik sediaan nano juga sangat dipengaruhi oleh nilai potensial zeta, di mana nilai yang berada di atas ± 30 mV mengindikasikan tingkat stabilitas yang baik karena memiliki gaya tolak-menolak elektrostatis antarpartikel yang cukup kuat untuk mencegah terjadinya agregasi [33].

Berdasarkan hasil karakterisasi sediaan (Tabel 4), terdapat perbedaan ukuran partikel yang signifikan antara formula uji, di mana F1 dan F3 menghasilkan *droplet size* sangat kecil masing-masing sebesar 11,16 nm dan 10,47 nm, sedangkan F2 menghasilkan ukuran partikel yang jauh lebih besar yaitu 543 nm. Tingginya ukuran partikel pada F2 mengindikasikan adanya kendala stabilitas fisik selama proses pembuatan, yang diduga disebabkan oleh rasio surfaktan dan kosurfaktan yang belum optimal dalam menurunkan tegangan antarmuka. Kondisi ini diperparah oleh rendahnya nilai potensial zeta pada F2 (16,2 mV), yang mengindikasikan lemahnya gaya tolak-menolak elektrostatis antarpartikel ($< \pm 30$ mV) sehingga memicu fenomena agregasi awal atau *Ostwald ripening*.

Parameter indeks polidispersitas menunjukkan bahwa F1 memiliki nilai PDI tertinggi yaitu 0,797, diikuti oleh F3 (0,685) dan F2 (0,653). Secara teoritis, nilai PDI $> 0,7$ pada F1 menandakan bahwa sistem sediaan bersifat sangat polidispers dengan tingkat heterogenitas ukuran partikel yang tinggi. Nilai PDI yang tinggi ini diakui sebagai keterbatasan pada formulasi F1, karena ketidakseragaman ukuran tetesan berpotensi besar memicu ketidakstabilan fisik jangka panjang seperti agregasi partikel dan penggabungan tetesan (*coalescence*).

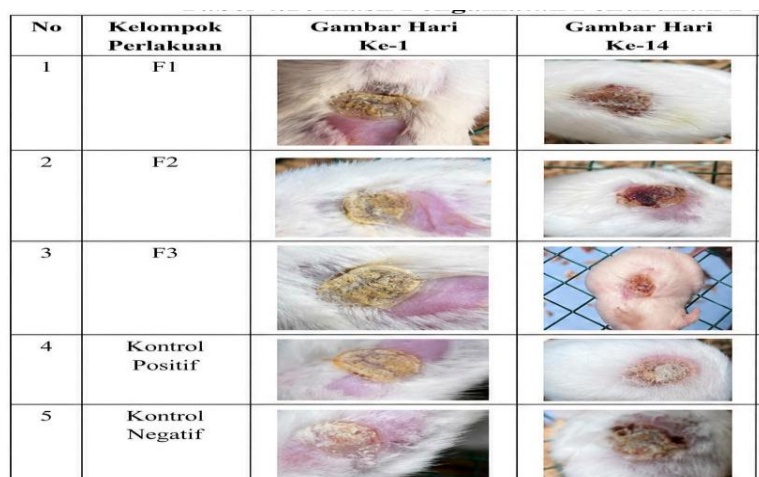


Gambar 2. kurva distribusi ukuran partikel (intensity vs size)

Tabel 5. Hasil presentase penurunan diameter luka bakar

Kelompok perlakuan	Rata-rata(Mean) ± Standar Deviasi (SD) diameter luka bakar				AUC
	Hari ke-1(mm)	Hari ke-3(mm)	Hari ke-7(mm)	Hari ke-14(mm)	
F1	10,00 ± 0,00	9,20 ± 0,45	6,80 ± 1,30	5,00 ± 1,22	92,50 ± 7,04
	0 %	8 %	32 %	50 %	
F2	10,00 ± 0,00	9,40 ± 0,55	7,00 ± 1,22	5,20 ± 0,84	94,90 ± 8,01
	0 %	6 %	30 %	48 %	
F3	10,00 ± 0,00	7,60 ± 0,55	5,60 ± 0,55	3,00 ± 0,71	74,10 ± 3,15
	0 %	24 %	44 %	70 %	
Kontrol Positif	10,00 ± 0,00	8,60 ± 0,55	7,60 ± 0,55	4,80 ± 0,84	94,40 ± 3,42
	0 %	14 %	24 %	52 %	
Kontrol Negatif	10,00 ± 0,00	9,80 ± 0,45	9,00 ± 0,71	8,80 ± 0,84	119,70 ± 5,84
	0 %	2 %	10 %	12 %	

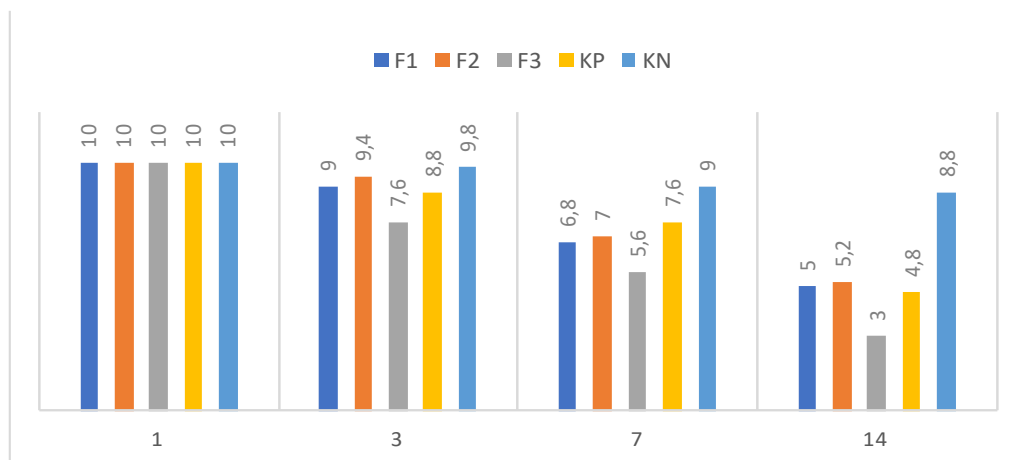
Uji efektivitas nanogel ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan talas (*Colocasia esculenta* L.) terhadap luka bakar mencit telah Lolos Kaji Etik FKIK Universitas Jambi (No. 247/DST/UN21.8/PT.01.04/2026). Penelitian menggunakan 25 ekor mencit ($n = 5$ per kelompok) tanpa *drop out* sehingga seluruh hewan uji dapat dianalisis hingga akhir penelitian. Uji efektivitas nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) Pada hari ke-1 (fase inflamasi), seluruh kelompok memiliki diameter luka homogen sebesar $10,00 \pm 0,00$ mm (penyembuhan 0%). Penurunan diameter luka mulai terjadi pada hari ke-3 (awal fase proliferasi) dengan F3 memberikan hasil terbaik ($7,60 \pm 0,55$ mm; 24%), diikuti kontrol positif (14%), F1 (8%), F2 (6%), dan kontrol negatif (2%). Memasuki hari ke-7 (fase proliferasi), diameter luka semakin mengecil seiring pembentukan jaringan granulasi dan kolagen, di mana F3 tetap mencatatkan penyembuhan tertinggi ($5,60 \pm 0,55$ mm; 44%). Pada hari ke-14 (fase remodeling), F3 menghasilkan diameter luka terkecil sebesar $3,00 \pm 0,71$ mm dengan persentase penyembuhan 70%, mengungguli kontrol positif (52%), F1 (50%), F2 (48%), dan kontrol negatif (12%). Hal ini menunjukkan bahwa F3 memberikan hasil penyembuhan luka paling optimal dibandingkan kelompok lainnya.

**Gambar 3.** Hasil pengamatan luka bakar

Hasil pengamatan menunjukkan penurunan diameter luka pada seluruh kelompok selama 14 hari. Pada H1, seluruh kelompok memiliki diameter awal $10,00 \pm 0,00$ mm. Penurunan diameter terlihat sejak H3 hingga H14, dengan F3 menunjukkan diameter luka paling kecil pada H14 yaitu $3,00 \pm 0,71$ mm dan persentase penyembuhan 70%. Hasil uji Mauchly's Test menunjukkan asumsi sphericity tidak terpenuhi ($W = 0,345$; $\chi^2(5) = 19,931$; $p = 0,001$), sehingga digunakan koreksi Greenhouse-Geisser ($\epsilon = 0,638$). Repeated measures ANOVA menunjukkan pengaruh waktu yang signifikan ($F(1,914; 38,272) = 206,473$; $p < 0,001$) serta interaksi waktu dan kelompok yang signifikan ($F(7,654; 50,690) = 8,757$; $p < 0,001$), menunjukkan adanya perbedaan pola penyembuhan antar kelompok selama pengamatan.

Selain diameter luka harian, analisis AUC digunakan untuk menggambarkan dinamika penyembuhan secara keseluruhan selama periode pengamatan. Nilai AUC terendah diperoleh F3 ($74,10 \pm 3,15$), diikuti F1

(92,50 ± 7,04), KP (94,40 ± 3,42), F2 (94,90 ± 8,01), dan KN (119,70 ± 5,84). Nilai AUC yang lebih rendah menunjukkan luas area di bawah kurva diameter luka yang lebih kecil secara keseluruhan. Dengan demikian, F3 merupakan formula dengan hasil penyembuhan paling optimal berdasarkan diameter luka, persentase penyembuhan, dan nilai AUC.



Gambar 4. Grafik Penurunan Luka Bakar

Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena evaluasi efektivitas baru terbatas pada parameter makroskopis, stabilitas fisik secara *cycling test*, dan keamanan berupa uji iritasi akut. Oleh karena itu, penelitian lanjutan direkomendasikan secara spesifik untuk melakukan uji histopatologi guna melihat regenerasi jaringan secara mikroskopis, uji stabilitas jangka panjang, serta uji toksisitas subkronis guna memastikan keamanan penggunaan berulang.

Kesimpulan

Kesimpulannya, sediaan nanogel kombinasi ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan daun talas (*Colocasia esculenta* L.) memiliki mutu fisik baik, stabil, aman (pH 5,00), serta secara signifikan mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan kontrol negatif ($p < 0,05$). Formula 3 (F3) dengan kombinasi ekstrak 7,5%:7,5% merupakan formula paling optimal dengan penutupan luka 70% (H14) dan nilai AUC terendah ($74,10 \pm 3,15$), serta menunjukkan efektivitas yang tidak berbeda secara signifikan dengan kontrol positif berdasarkan uji statistik ($p > 0,05$).

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing atas arahan dan masukannya, para dosen dan laboran atas fasilitas serta dukungannya, serta teman-teman yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

References

- [1] Gushiken L, Beserra FP, Bastos JK, Jackson CJ, and Pellizzon CH, "Cutaneous wound healing: An update from physiopathology to current therapies," *Life*, vol. 11, no. 7, pp. 1–15, 2021.
- [2] K. M. K. R. Indonesia, "Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor Hk.01.07/Menkes/555/2019 Tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Luka Bakar Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Menteri Kesehatan Republik Indonesia," Pp. 1–126, 2019.
- [3] Y. S. Ferian Afandi, Prayoga Fery Yuniarto and Program, "Uji Aktivitas Gel Ekstrak Daun Talas (*Colocasia Esculenta* [L]) Sebagai Percepatan Penyembuhan Luka Bakar Tipe Ii Pada Kelinci (*Oryctolagus Cuniculus*) Dengan Basis Hpmc Activity," Vol. 3, no. 2, pp. 197–207, 2022.
- [4] P. Daun, A. Persea, A. Miller, D. A. Anggorowati, and G. Priandini, "Potensi daun alpukat (*persea americana miller*) sebagai minuman teh herbal yang kaya antioksidan 1) 1,2,3)," pp. 1–7.

- [5] D. Harefa, "Pemanfaatan Hasil Tanaman Sebagai Tanaman Obat Keluarga (TOGA)," vol. 2, no. 2, pp. 28–36, 2020, doi: 10.35970/madani.v1i1.233.
- [6] E. Etanol, D. Bangun, B. Coleus, N. I. Harahap, L. Margata, and R. Puspita, "Efek Penyembuhan Luka Bakar Gel Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Afrika (Vernonia Amygdalina) Dan," Vol. 3, No. 1, Pp. 57–61, 2021.
- [7] H. S. D. Tri Isyani Tungga Dewi¹, Tony Wahyudi, Aisyah Alviatus Shofwan, Anggri Azhari Khoerunnisa, "Gambaran makroskopis persembuhan luka mukosa buccal tikus putih (Rattus norvegicus) pascapemberian policresulen," vol. 4, no. 3, pp. 57–58, 2020.
- [8] A. A. Wulandari and L. Mulqie, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus)," pp. 204–210.
- [9] I. Rachmawati, G. Samodra, and D. Nawangsari, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Alpukat (Persea americana Mill) terhadap Pertumbuhan Bakteri Streptococcus mutans," vol. 12, no. 1, pp. 220–232, 2025.
- [10] M. W. Veronika Maria Wullur, Violetta Veiby Datu, Yuliana Kristin Ferzenia Kolang, Chariza Juwita Takahindangen, Augrillia Virlie Komaling "Efektifitas Nanogel Ekstrak Kulit Pisang Goroho (Musa Acuminafe L .) Terhadap Luka Bakar Pada," vol. 13, no. 2, pp. 95–100, 2025.
- [11] T. Siregar, "Analysis of Normality Test and Homogeneity Test in Quantitative Research," no. 1, pp. 1–38, 2026.
- [12] G. Wulandari, A. A. Rahman, and R. Rubiyanti, "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Buah Alpukat (Persea americana Mill) Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus," *Media Inf.*, vol. 15, no. 1, pp. 74–80, 2019, doi: 10.37160/bmi.v15i1.229.
- [13] T. Sentat and R. Permatasari, "Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Alpukat (Persea Americana Mill.) Terhadap Penyembuhan Luka Bakar Pada Punggung Mencit Putih Jantan (Mus Musculus)," *J. Ilm. Manuntung*, Vol. 1, No. 2, Pp. 100–106, 2017, Doi: 10.51352/Jim.V1i2.20.
- [14] D. Yulastuti, W. Y. Sari, and D. Islamiyati, "Skrining Fitokimia Ekstrak Dan Fraksi Etanol 70 % Daging Buah Pepaya (Carica Papaya L .) Phytochemical Extracts And Fraction 70 % Ethanolic Of Papaya Fruit Flesh," Vol. 15, pp. 110–114, 2019, doi: 10.37160/bmi.v15i2.391.
- [15] Destin Putri Lestari Zebua, Meldawati, Elfia Neswita, and As-sirri Mirrian Farsya, "Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Sambung Nyawa (Gynura Procumbens (Lour) Merr.) Sebagai Antidiabetes Terhadap Tikus Putih Jantan (Rattus Norvegicus) Yang Diinduksi Aloksan," *J. Mhs. Ilmu Kesehat.*, vol. 2, no. 3, pp. 219–234, 2024, doi: 10.59841/jumkes.v2i3.1502.
- [16] D. A. Triwahyuono and N. Hidajati, "UNESA Journal of Chemistry Vol . 9 , No . 1 , January 2020 Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Batang Mahoni (Swietenia Mahagoni Jacq .) Phytochemical Test Of Ethanol Extract From Mahoni Bark (Swietenia Mahagoni Jacq .) Damar Agung Triwahyuono Dan Nurul," *A J. Chem.*, Vol. 9, No. 1, 2020.
- [17] Aprilia Rika Alvita, Tatiana Siska Wardani, and Tiara Ajeng Listyani, "Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Daun Alpukat (Persea americana Mill.) Sebagai Terapi Pengobatan Luka Bakar Terhadap Kelinci New Zeland White," *J. Med. Nusantara*, vol. 1, no. 4, pp. 272–295, Sep. 2023, doi: 10.59680/medika.v1i4.628.
- [18] K. N. Shervie Tjitrukmana, Siti Malahayati¹, Liliana Swastina², "Formulasi dan Evaluasi Gel Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (Citrus aurantiifolia) dengan Semi-Refined Carrageenan dan Glucomannan sebagai Gelling Agent Shervie," vol. 12, no. 2, pp. 135–143, 2022.
- [19] S. Idham, E. Ervianingsih, A. Arini, and R. N. Rasyid, "Potensi Nanogel Limbah Biji Alpukat (Persea americana Mill.) Sebagai Antioksidan Pencegah Penuaan Dini Pada Kulit Wajah," *J. Mandala Pharmacon Indones.*, vol. 10, no. 2, pp. 426–431, 2024, doi: 10.35311/jmpi.v10i2.598.
- [20] P. K. H. Linda P. Suherman, Robby Ramdani, Vina Septiani, Wiwik Indrayani, Alfi Nurul Islamiyah and Fakultas, "Pola Penggunaan Obat Pada Pasien Gastroesophageal Reflux Disease (Gerd) Di Salah Satu Rumah Sakit Di Bandung," no. 2, pp. 208–219, 2021.
- [21] R. Tungadi, M. S. Pakaya, and P. D. A. Ali, "Formulasi dan Evaluasi Stabilitas Fisik Sediaan Krim Senyawa Astaxanthin," vol. 3, no. 1, pp. 117–124, 2023, doi: 10.37311/ijpe.v3i1.14612.
- [22] J. Chifamba, R. Mutoonono, C. Chinyavanhu, M. Siziba, And S. Zengeni, "Antifungal Activity And Biosafety Assessment Of Vernonia Adoensis," *Int. J. Biochem. Res. Rev.*, Vol. 34, No. 4, Pp. 190–204, 2025, Doi: 10.9734/Ijbcrr/2025/V34i41014.
- [23] E. Giovana Zola, B. Hartesi, and L. Anggresani, "Journal of Pharmaceutical and Sciences Formulation Gel Ethyl Acetate Fraction Stem Jarak Cina (Jatropha multifida L.) Effectiveness in Burn Healing Formulasi Gel dari Fraksi Etil Asetat Batang Jarak Cina (Jatropha multifida L.) Efektivitas Terhadap

- Luka ,” *Jps*, vol. 2025, no. 3, pp. 1524–1532, 2020.
- [24] F. W. Thedjakusuma, F. Nahusuly, and ..., “Perbandingan Tingkat Penyembuhan Luka Bakar Derajat II B (Deep Dermall) Pada Fase Proliferasi Yang Ditinjau Dengan Pemberian Larutan Feracrylum 1%, Tulle ...,” *J. Kedokt. ...*, vol. 9, no. 3, pp. 122–131, 2023.
- [25] K. K. R. I. (2017). F. H. Indonesia and (Edisi II). Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia., “Herbal Indonesia Herbal,” 2017.
- [26] D. Devayana, M. Maryati, B. Farmasi, F. Farmasi, and U. M. Surakarta, “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Talas (Colocasia Esculenta (L .) Schott) Terhadap Pseudomonas Aeruginosa Dan Staphylococcus Aureus Antibacterial Activity Test Of Taro Leaf Ethanol Extract (Colocasia Esculenta (L .) Schott) Against Pseudomonas Aeruginosa And Staphylococcus Aureus Perhatian Besar .” Vol. 4, No. 4, Pp. 402–417, 2025.
- [27] N. M. D. S. S. Putu Ika Divta Candra Devia, I Gusti Agung Ayu Kusuma Wardanib, “Potensi Tanaman Herbal terhadap Peningkatan Jumlah Fibroblas dalam Penyembuhan Luka Bakar Potential of Herbal Plants to Increase Fibroblasts in Healing Burns,” vol. 1, no. 1, 2021.
- [28] I. G. N. S. W. Gede Reynaldi Wahyu Sanjaya, Ni Made Linawati, I Gusti Kamasan Nyoman Arijana, Ida Ayu Ika Wahyuniari, “Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.),” vol. 5, no. 2, pp. 243–249.
- [29] I. M. Deny and S. Giri, “Peran Metabolit Sekunder Tumbuhan dalam Pembentukan Kolagen pada Kulit Tikus yang Mengalami Luka Bakar Role of Plant Secondary Metabolites in Collagen Formation of Burned Rats Skin,” vol. 1, no. 1, pp. 23–29, 2021.
- [30] V. N. April, A. Jl, U. Sumoharjo, N. Km, K. Panakkukang, and K. Makassar, “Peran Antioksidan dan Agen Antiinflamasi dalam Proses Penyembuhan Luka Bakar Program Studi Pendidikan Profesi Dokter , Fakultas Kedokteran , Universitas Muslim Departemen Anestesiologi , Fakultas Kedokteran , Universitas Muslim Indonesia Departemen Bedah , Fakultas Kedokteran , Universitas Muslim Indonesia,” no. April, 2025.
- [31] M. R. Satolom and J. P. Siampa, “Formulation And Physical Evaluation Gel Of Avocado Seed (Persea Americana Mill .) As Antioxidant Using Carbopol Base Concentration Formulasi Dan Uji Evaluasi Fisik Sediaan Gel Ekstrak Biji Alpukat (Persea Americana Mill .).) Sebagai Antioksidan Dengan Menggunakan Kosentrasi Basis Karbopol,” vol. 12, pp. 97–101, 2023.
- [32] S. K. and M. R. M. M. Danaei, M. Dehghankhold, S. Ataei, F. Hasanzadeh Davarani, R. Javanmard, A. Dokhani, “Impact of Particle Size and Polydispersity Index on the Clinical Applications of Lipidic Nanocarrier Systems,” pp. 1–17, 2018, doi: 10.3390/pharmaceutics10020057.
- [33] S. Alqarni and B. Huwaimel, “Predicting PLGA nanoparticle size and zeta potential in synthesis for application of drug delivery via machine learning analysis,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–15, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-06872-3.