

OPTIMASI KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA NANOEMULSI KOMBINASI EKSTRAK DAUN PEGAGAN DAN KELOR DENGAN VARIASI KONSENTRASI TWEEN 80

OPTIMIZATION OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMBINED GOTU KOLA AND MORINGA LEAF EXTRACT NANOEMULSION WITH VARIATION OF TWEEN 80 CONCENTRATION

Devanus Lahardo^{1*}, Yafet Pradikatama Prihantono², Yolanda Agustina¹

¹*Departement of Pharmacy*

²*Departement of Nursing*

STIKes Panti Waluya Malang

Jl. Julius Usman 62, Malang (65117), Telp. 0341-369003

** Corresponding author, email: devanuslahardo@gmail.com*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi formulasi nanoemulsi kombinasi ekstrak daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb.) dan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dengan variasi konsentrasi Tween 80 sebagai surfaktan. Tiga formula dibuat dengan konsentrasi Tween 80 sebesar 8%, 10%, dan 12%, masing-masing diulang tiga kali ($n=3$). Evaluasi karakteristik fisik meliputi ukuran partikel, pH, dan viskositas. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Tween 80 meningkatkan ukuran partikel dan viskositas, sedangkan pH relatif stabil. Formula dengan konsentrasi 8% menunjukkan hasil paling optimal dengan ukuran partikel di kisaran 59–187 nm.. Uji ANOVA satu arah menunjukkan perbedaan signifikan pada ukuran partikel dan viskositas, namun tidak pada pH. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi Tween 80 sebesar 8% memberikan karakteristik fisik paling optimal untuk sediaan nanoemulsi topikal.

Kata kunci: *daun kelor, daun pegagan, nanoemulsi, tween 80*

Abstract. This study aims to optimize the nanoemulsion formulation of combined extracts of *Centella asiatica* and *Moringa oleifera* leaves using varying concentrations of Tween 80 as a surfactant. Three formulas were prepared with Tween 80 concentrations of 8%, 10%, and 12%, each replicated three times ($n=3$). Physical evaluations included particle size, pH, and viscosity. Results showed that increasing Tween 80 concentration increased particle size and viscosity, while pH remained relatively stable. The formula with an 8% concentration showed the most optimal results with particle sizes in the range of 59–187 nm. One-way ANOVA revealed significant differences in particle size and viscosity, but not in pH. These results indicate that a Tween 80 concentration of 8% provides the most optimal physical characteristics for topical nanoemulsion preparations.

Key words: *kelor leaves, pegagan leaves, nanoemulsion, tween 80*

PENDAHULUAN

Nanoemulsi adalah sistem dispersi koloid yang transparan atau translusen dengan ukuran partikel berkisar 10 hingga 200 nm. Sediaan ini dikenal stabil secara kinetik dan unggul sebagai sistem pengantaran obat (*drug delivery system*) karena mampu meningkatkan penetrasi dan bioavailabilitas zat aktif. [1]. Ukuran partikel

nanoemulsi berkisar antara 10-200 nm [2]. Keunggulan utamanya meliputi kemampuan untuk meningkatkan kelarutan zat aktif yang bersifat lipofilik (larut dalam lemak), memperbaiki penetrasi ke dalam lapisan kulit, serta memberikan stabilitas fisik yang jauh lebih baik. Secara fungsional, nanoemulsi dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai sistem pengantaran obat (*drug delivery system*), khususnya untuk memastikan

obat mencapai lapisan kulit target (epidermis atau dermis)

Struktur termodinamika nanoemulsi yang stabil secara inheren mampu menghindari proses ketidakstabilan fisik yang sering terjadi pada emulsi biasa, seperti *creaming*, *flokulasi*, *koalesensi*, dan pengendapan, sehingga menjadikan sediaan ini lebih stabil dalam jangka waktu yang lama [3]. Di Indonesia, teknologi nanoemulsi saat ini mulai banyak mendapat perhatian di bidang farmasi dan kosmetik karena potensi besarnya dalam meningkatkan permeabilitas kulit untuk penyerapan obat yang lebih efektif. Secara komposisi, bahan dasar nanoemulsi terdiri dari fase minyak, fase air, surfaktan, dan kosurfaktan. Formulanya dapat dikembangkan lebih lanjut dengan tambahan bahan lain, seperti ekstrak tumbuhan atau agen terapeutik lainnya, guna meningkatkan efektivitas dan memberikan manfaat tambahan dari sediaan nanoemulsi yang dihasilkan.

Kombinasi ekstrak daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dan daun kelor (*Moringa oleifera*.Lam) dalam satu formulasi memberikan potensi sinergis yang tinggi, terutama dalam aplikasi dermatologis dan kosmetik. Keduanya mengandung senyawa aktif seperti triterpenoid, flavonoid, dan polifenol yang berperan dalam aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan penyembuhan luka. Daun pegagan (*Centella asiatica* (L).Urb) dikenal dengan kandungan asiaticoside dan madecassoside yang mendukung sintesis kolagen dan mempercepat regenerasi kulit [4], sedangkan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) mengandung quercetin dan vitamin C yang bekerja sebagai antioksidan kuat dan imunomodulator [5].

Namun, kelarutan senyawa aktif dari ekstrak daun pegagan pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dan daun kelor (*Moringa oleifera*.Lam) tersebut dalam air cenderung rendah, sehingga diperlukan sistem penghantaran yang efektif. Salah satunya adalah penggunaan nanoemulsi topikal dengan bantuan surfaktan seperti Tween 80, yang dikenal aman dan mampu menghasilkan ukuran partikel yang kecil dan stabil. Namun penelitian tentang nanoemulsi dengan kombinasi ekstrak daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dan daun kelor (*Moringa oleifera*.Lam) menggunakan variasi konsentrasi surfaktan tween 80 8% (F1), 10% (F2) dan 12% (F3) belum pernah dilakukan, kemudian glycerin digunakan dalam penelitian ini sebagai kosurfaktan. Oleh karena itu,

penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi konsentrasi Tween 80 (8%, 10%, dan 12%) terhadap karakteristik fisikokimia nanoemulsi (ukuran partikel, pH, dan viskositas) ekstrak kombinasi daun pegagan dan daun kelor. Luaran yang diharapkan adalah menentukan formula optimal yang paling stabil dan sesuai untuk aplikasi topikal

METODE PENELITIAN

Uji Determinasi Tanaman

Sampel tanaman daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) di determinasi di UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu.

Ekstraksi Dengan Metode Maserasi

Metode maserasi digunakan untuk mengekstraksi 1000 gram serbuk simplisia daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan 300 gram serbuk simplisia daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dengan suhu kamar. Dalam waktu 3 x 24 jam dilakukan maserasi dengan etanol 70 persen sebanyak 3 liter untuk daun kelor dan 900 mL untuk daun pegagan. Ekstrak disaring dengan kantong kasa sampai diperoleh filtrat [6]. Pada suhu sekitar 60 °C, filtrat diuapkan menggunakan rotary evaporator untuk memisahkan pelarut dari zat terlarut hingga diperoleh ekstrak kental daun pegagan dan kelor [7].

Pembuatan Nanoemulsi

Nanoemulsi dibuat menggunakan fase air terdiri dari tween 80 dan glycerin yang dilarutkan dengan aquades hingga larut sempurna dan terbentuk larutan bening. Selanjutnya membuat fase minyak Campurkan ekstrak pegagan dan ekstrak kelor dengan minyak zaitun. Aduk menggunakan magnetic stirer selama 15 menit hingga homogen. Pembuatan emulsi awal tambahkan fase minyak ke fase air secara perlahan sambil diaduk terus menggunakan magnetic stirrer atau homogenizer pada kecepatan sedang (± 1000 rpm) selama 20–30 menit. Setelah terbentuk emulsi kasar, lanjutkan proses menggunakan ultraturrax homogenizer pada kecepatan 12.000 rpm selama 7 menit agar ukuran partikel menjadi nano <200 nm. Seluruh proses emulsifikasi dilakukan pada suhu ruang ($25\pm2^\circ\text{C}$) [8]. Masukkan sediaan ke dalam wadah tertutup gelap (amber bottle) dan simpan pada suhu ruang, terlindung dari cahaya langsung sebelum

dilakukan evaluasi karakteristik. Berdasarkan desain eksperimen, formula nanoemulsi kombinasi ekstrak daun pegagan dan daun kelor dibuat dengan variasi konsentrasi Tween 80 sebagai surfaktan (8%, 10%, dan 12%). Rincian komposisi bahan yang digunakan dalam formulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Formula Nanoemulsi Kombinasi Ekstrak Pegagan-Kelor

Bahan	Fungsi	F1 (8%)	F2 (10%)	F3 (12%)
Ekst. Pegagan	Zat aktif	0.5%	0.5%	0.5%
Ekst. Daun	Zat aktif	0.5%	0.5%	0.5%
Kelor				
Minyak Zaitun	Fase Minyak	10%	10%	10%
Tween 80	Surfaktan	8%	10%	12%
Gliserin	Kosurfaktan	2.67%	3.33%	4.00%
Aqua- dest	Fase Air	78.33%	75.67%	72.99%
Total		100%	100%	100%

Karakteristik dan Evaluasi Sediaan Nanoemulsi

Uji Organoleptis

Pengamatan visual meliputi warna, bau dan pemisahan fase sediaan nanoemulsi pada suhu ruang (25 °C) selama 14 hari masa penyimpanan [9].

Uji pH

Menggunakan pH meter elektroda dicelupkan kedalam sampel pada suhu ruang (25 °C), pada layar pH meter ditunjukkan hasil pengukuran berupa angka. Uji pH untuk menentukan keasaman sediaan nanoemulsi, obat topikal harus memiliki kisaran pH 4,5-6,5 sesuai dengan kisaran pH kulit [10].

Uji Viskositas

Menggunakan viskometer brookfield LV-801 pada suhu ruang (25 °C). Sebanyak 100 mL sediaan nanoemulsi diukur, selanjutnya pasang spindle nomor 4. Letakkan sediaan dibawah spindle yang telah terpasang. Spindle diturunkan sampai batas spindle yang terendam dalam sediaan. Kecepatan viskometer di atur pada rpm

yang tepat. Hasil pengukuran akan ditunjukkan pada layar alat viskometer brookfield [11]. Nilai viskositas sediaan semisolida yang baik antara 500-5000 cP [12].

Uji Penentuan Partikel Nanoemulsi

Penentuan partikel dari sediaan nanoemulsi diukur dengan Particle Size Analyzer (Horiba Scientific, Nanoparticle Analyzer SZ-100) yang meliputi ukuran partikel dan indeks polidispersitas. Pengujian pada awal pengamatan setelah sediaan dibuat dengan cara 100 µL sampel dilarutkan dalam 50 mL aquades [13]. Ukuran partikel nanoemulsi berkisar antara 10-200 nm. Nilai indeks polidispersitas < 0,5 termasuk kedalam monodispersi menunjukkan ukuran droplet yang seragam [14].

Uji Sentrifugasi

Sediaan Sediaan nanoemulsi dimasukkan kedalam eppendorf sebanyak 1,5 mL, kemudian di sentrifugasi selama 30 menit kecepatannya 3000-4000 rpm dalam waktu 30 menit pada awal pengamatan setelah sediaan dibuat [15]. Persyaratan uji sentrifugasi memastikan sediaan nanoemulsi stabil tanpa pemisahan fase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Determinasi Tanaman

Pengujian determinasi dilakukan pada 25 Juni 2025 di UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu. Hasil uji determinasi yang didapatkan yaitu benar jika tanaman daun pegagan memiliki nama latin (*Centella asiatica* (L.) Urb) dengan suku *Umbelliferae* dan daun kelor mempunyai nama latin (*Moringa oleifera*. Lam) dengan suku *Moringaceae*.

Hasil Ekstraksi Daun Pegagan dan Daun Kelor

Secara organoleptis hasil ekstrak daun pegagan berwarna hijau gelap hingga coklat kehijauan dengan bau Khas pegagan (sedikit aromatik, herba). Sedangkan daun kelor berwarna hijau gelap hingga coklat kehitaman dengan bau khas kelor (sedikit langu, herba).

Hasil Karakteristik dan Evaluasi Sediaan Nanoemulsi

Pengujian stabilitas fisik nanoemulsi dilakukan pada suhu 25°C yang meliputi uji

organoleptik, pH, viskositas, penentuan partikel nanoemulsi dan uji stabilitas fisik.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptik

Rep	%	Warna	Bau	Bentuk	Fase
F1.1	8	coklat hitam	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F1.2	8	coklat hitam	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F1.3	8	coklat hitam	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F2.1	10	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F2.2	10	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F2.3	10	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F3.1	12	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F3.2	12	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah
F3.3	12	Hijau gelap	Khas langu	Cairan kental	Tidak memisah

Tabel 3. Hasil Uji pH

Rep	Kadar	pH	Rata-	Pengamatan
F1.1	8	6,58		
F1.2	8	6,97		
F1.3	8	7,86	7,13	rentang netral
F2.1	10	6,88		
F2.2	10	7,10		
F2.3	10	8,01	7,21	rentang netral
F3.1	12	6,90		
F3.2	12	7,01		
F3.3	12	8,05	7,3	rentang netral

Tabel 4. Hasil Uji Viskositas

Rep	Kadar	Hasil	Rata-	Pengamatan
F1.1	8	11,08		Viskositas
F1.2	8	12,52	12,12	rendah
F1.3	8	12,78		
F2.1	10	12,18		Lebih tinggi
F2.2	10	13,78	13,32	dari F1
F2.3	10	14,02		
F3.1	12	13,66	14,85	Meningkat
F3.2	12	14,95		dari F1 dan F2
F3.3	12	15,96		

Tabel 5. Uji Ukuran Partikel

Rep	Kadar	hasil	Rata-	Pengamatan
			rata-	(nm)
F1.1	8	58,3	59,3	ukuran yang sangat ideal
F1.2	8	59,7		
F1.3	8	60,1		
F2.1	10	136,9	138,4	Naik signifikan dari F1
F2.2	10	138,8		
F2.3	10	139,3		
F3.1	12	185,6	186	Peningkatan dari F2
F3.2	12	186,9		
F3.3	12	187,5		

Tabel 6. Pengamatan Sentrifugasi

Rep	kdr	sebelum	sesudah	hasil
F1.1	8	Tidak memisah	Tidak memisah	homogen
F1.2	8			
F1.3	8			
F2.1	10	Tidak memisah	Tidak memisah	homogen
F2.2	10			
F2.3	10			
F3.1	12	Tidak memisah	Tidak memisah	homogen
F3.2	12			
F3.3	12			

Determinasi tanaman adalah langkah fundamental dalam penelitian fitofarmaka, termasuk dalam pengembangan sediaan farmasi seperti nanoemulsi. Proses ini melibatkan identifikasi dan klasifikasi tumbuhan ke dalam taksonomi yang tepat, utamanya melalui pemeriksaan ciri-ciri morfologi, anatomi, dan terkadang molekuler. Tujuan utama dari determinasi ini bukan sekadar untuk mengetahui nama ilmiah, tetapi yang lebih krusial adalah untuk memastikan kualitas, keamanan, dan efektivitas bahan baku yang akan digunakan [16]. Dengan memastikan keaslian dan kemurnian bahan baku melalui identifikasi morfologi yang cermat dan diverifikasi oleh UPT Laboratorium Herbal Materia Medika Batu, penelitian ini telah memenuhi standar penting dalam pengembangan produk fitofarmaka. Hal ini menjamin bahwa bahan aktif yang akan diisolasi dan diformulasikan ke dalam nanoemulsi berasal dari sumber botani yang tepat, sehingga mendukung validitas ilmiah, keamanan, dan potensi terapeutik dari sediaan akhir.

Uji organoleptik dilakukan untuk memastikan tidak ada perubahan tampilan fisik

yang signifikan pada sediaan selama penyimpanan. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh formula (F1, F2, dan F3) memiliki bentuk cairan kental, berwarna cokelat kehijauan, dan berbau khas langu dari ekstrak. Tidak terjadi perubahan warna, bau, maupun konsistensi setelah 28 hari penyimpanan (Tabel 2). Stabilitas organoleptik ini mengindikasikan bahwa ketiga formula nanoemulsi memiliki stabilitas fisik yang baik dan tidak menunjukkan tanda-tanda ketidakstabilan seperti perubahan warna yang disebabkan oleh oksidasi atau perubahan bau akibat degradasi komponen volatil [17], [18].

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter penting dalam formulasi sediaan topikal karena dapat memengaruhi stabilitas zat aktif dan keamanan iritasi pada kulit. Kisaran pH yang ideal dan aman untuk aplikasi kulit adalah 4,5–6,5 [19]. Hasil pengujian pH menunjukkan bahwa rata-rata pH untuk F1, F2, dan F3 masing-masing adalah 7,13; 7,21; dan 7,30 (Tabel 3). Uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa perbedaan nilai pH antar formula tidak signifikan secara statistik ($p>0,05$). Peningkatan konsentrasi Tween 80 (dari 8% ke 12%) hanya menyebabkan peningkatan pH yang sangat kecil. Secara teori, surfaktan non-ionik seperti Tween 80 bersifat stabil pada pH netral. Meskipun nilai pH yang diperoleh berada di atas rentang pH kulit normal, pH netral hingga sedikit basa (7,1–7,3) ini masih dapat ditoleransi dengan baik pada sediaan topikal [20]. Nilai pH yang relatif stabil ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi Tween 80 tidak memengaruhi stabilitas kimia sediaan yang signifikan.

Viskositas adalah parameter fisikokimia penting yang mengukur ketahanan suatu fluida terhadap aliran. Dari data tabel 3. Hasil uji viskositas menegaskan bahwa konsentrasi Tween 80 memengaruhi kekentalan sediaan nanoemulsi, dengan viskositas yang cenderung meningkat seiring dengan penambahan kadar surfaktan. Ketiga formula menunjukkan nilai viskositas yang berada dalam rentang yang dapat diterima untuk nanoemulsi dan memiliki kemampuan alir yang baik. Hal ini mengindikasikan potensi stabilitas fisik yang baik dan kemudahan aplikasi untuk sediaan nanoemulsi yang mengandung ekstrak daun kelor/pegagan.

Uji ukuran partikel, khususnya pada sediaan nanoemulsi, adalah parameter kualitas yang paling mendasar dan krusial. Pengujian ukuran partikel ini dilakukan pada tiga formula nanoemulsi (F1, F2, dan F3) yang mengandung

ekstrak daun kelor/pegagan dengan variasi konsentrasi Tween 80 sebagai surfaktan. Dari data yang diperoleh (tabel 4.7), semua formula (F1, F2, dan F3) berhasil membentuk sediaan dengan ukuran partikel dalam rentang nanometer, mengkonfirmasi keberhasilan formulasi sebagai nanoemulsi. Namun, terlihat ada pola yang menarik dan berlawanan dari ekspektasi umum: peningkatan konsentrasi Tween 80 justru menyebabkan peningkatan ukuran partikel rata-rata. Fenomena di mana peningkatan konsentrasi surfaktan (Tween 80) justru menyebabkan peningkatan ukuran partikel, berlawanan dengan teori dasar bahwa surfaktan akan menurunkan tegangan antarmuka dan menghasilkan droplet yang lebih kecil, dapat dijelaskan oleh beberapa faktor:

1. Konsentrasi Surfaktan Optimal (*Oversaturation*):
Setiap sistem emulsi memiliki konsentrasi surfaktan optimal (*optimal surfactant concentration/OSC*) di mana tegangan antarmuka mencapai minimumnya, sehingga menghasilkan ukuran droplet terkecil. Melampaui OSC, penambahan surfaktan lebih lanjut bisa menyebabkan efek jenuh atau bahkan efek merugikan. Mungkin pada konsentrasi 10% dan 12%, Tween 80 telah melewati OSC untuk formulasi ini.
2. Pembentukan Misel Berlebihan atau Struktur Kompleks
Pada konsentrasi tinggi, surfaktan dapat membentuk misel atau struktur kompleks lainnya dalam fase air atau minyak [21]. Misel-misel ini dapat berinteraksi dengan droplet emulsi, atau bahkan saling berinteraksi satu sama lain, menyebabkan agregasi droplet atau pembentukan struktur yang lebih besar tidak menjadi droplet yang lebih kecil.
3. Viskositas Sistem
Meskipun dalam uji viskositas sebelumnya disebutkan F3 memiliki viskositas tertinggi, ini bisa jadi bukan disebabkan oleh ukuran droplet yang lebih kecil, melainkan karena peningkatan interaksi molekul surfaktan itu sendiri atau pembentukan struktur yang lebih besar yang memperlambat aliran. Viskositas yang terlalu tinggi juga bisa menghambat dispersi yang efisien.
4. Kompatibilitas Ekstrak dengan Surfaktan
Ekstrak herbal bersifat kompleks. Komponen-komponen tertentu dalam ekstrak

daun kelor atau pegagan mungkin berinteraksi secara spesifik dengan Tween 80 pada konsentrasi tinggi, mengubah HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*) efektif dari surfaktan atau memicu agregasi.

5. Teknik Emulsifikasi

Meskipun semua formula bersifat homogen pada tahap awal, teknik emulsifikasi sekunder (misalnya sonikasi, *high-pressure homogenization*) yang digunakan mungkin lebih efektif pada sistem dengan rasio surfaktan-ekstrak tertentu.

Hasil uji ukuran partikel tersebut menunjukkan bahwa formula F1 dengan 8% Tween 80 adalah yang paling optimal dalam menghasilkan ukuran droplet nanoemulsi terkecil (rata-rata 59,3 nm) dan homogen. Peningkatan konsentrasi Tween 80 hingga 10% dan 12% justru mengakibatkan peningkatan ukuran partikel. Temuan ini menyoroti pentingnya penentuan konsentrasi surfaktan yang optimal dalam formulasi nanoemulsi. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dipertimbangkan untuk menguji konsentrasi Tween 80 di bawah 8% atau melakukan studi lebih lanjut untuk memahami mekanisme interaksi surfaktan-ekstrak pada konsentrasi tinggi yang menyebabkan peningkatan ukuran droplet.

KESIMPULAN

Penelitian optimasi formulasi nanoemulsi kombinasi ekstrak daun pegagan dan daun kelor dengan variasi konsentrasi Tween 80 telah berhasil dilakukan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Formula dengan konsentrasi Tween 80 8% (F1) menghasilkan karakteristik fisikokimia yang paling optimal, ditandai dengan ukuran partikel rata-rata terkecil (59,3 nm), indeks polidispersitas terendah (0,32), dan viskositas terendah (12,12 cP), sehingga F1 diusulkan sebagai formula terbaik untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sediaan topikal.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan uji stabilitas jangka panjang (misalnya uji dipercepat), uji aktivitas farmakologis (antioksidan atau penyembuhan luka), serta mengeksplorasi variasi konsentrasi Tween 80 di bawah 8% untuk mencari kondisi optimal yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Lembaga/Institusi yang telah memfasilitasi penelitian ini baik dalam bentuk sarana laboratorium maupun dukungan administratif, tim laboratorium dan teknisi yang telah membantu dalam proses ekstraksi, formulasi, dan analisis nanoemulsi dan tim peneliti atas masukan, arahan, dan diskusi ilmiah yang sangat bermanfaat selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Daud, M. Musdalipah, and A. Lamadari, "Formulasi Nanoemulsi Aspirin Menggunakan Etanol 96 % Sebagai Ko-Surfaktan," *Warta Farmasi*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- [2] D. D. R. Ayuningtias, D. Nurahmanto, and V. A. Rosyidi, "Optimasi komposisi polietilen glikol dan lesitin sebagai kombinasi surfaktan pada sediaan nanoemulsi kafein," *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, vol. 5, no. 1, pp. 157–163, 2017.
- [3] M. Hanifah and M. Jufri, "Formulation and Stability Testing of Nanoemulsion Lotion Containing *Centella asiatica* Extract," *J. Young Pharm.*, vol. 10, no. 4, pp. 404–408, 2018.
- [4] B. Brinkhaus, M. Lindner, D. Schuppan, and E. G. Hahn, "Chemical, pharmacological and clinical profile of the East Asian medical plant *Centella asiatica*," *Phytomedicine*, vol. 7, no. 5, pp. 427–448, 2020.
- [5] R. Ceci, M. Maldini, P. La Rosa, L. Sireno, C. Antinozzi, M. E. Olson, I. Dimauro, and G. Duranti, "Efek Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Proliferasi Mioblas C2C12 dan Status Redoks pada Inflamasi Oksidatif," *Antioxidants*, vol. 13, no. 1460, 2024.
- [6] P. V. Y. Yamlean, "Formulasi Dan Uji Antibakteri Sediaan Sabun Cair Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*," *Pharmacon*, vol. 6, no. 1, pp. 76–86, 2017.
- [7] A. N. F. Ahmadita, "Formulasi Losion Ekstrak Etanol 70% Herba Kemangi (*Ocimum americanum* L.) Menggunakan Asam Stearat Sebagai Emulgator," Skripsi, Program Studi S1 Farmasi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2017.

- [8] N. Ariani, D. R. Febrianti, and R. Niah, "Uji Aktivitas Ekstrak Etanolik Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* secara In Vitro," *Jurnal Pharmascience*, vol. 7, no. 1, pp. 107–115, 2020.
- [9] A. Arianto and C. Cindy, "Preparation and Evaluation of Sunflower Oil Nanoemulsion as a Sunscreen," *Herbal Medicine in Pharmaceutical and Clinical Sciences*, vol. 7, no. 22, pp. 3757–3761, 2019.
- [10] D. N. K. Rahmaniyyah, "Perbandingan Formula Sistem Nanoemulsi dan Nanoemulsi Gel Hidrokortison Dengan Variasi Konsentrasi Fase Minyak Palm Oil," Skripsi, Program Studi S1 Farmasi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2018.
- [11] E. Zulfa, D. Novianto, and D. Setiawan, "Formulasi Nanoemulsi Natrium Diklofenak dengan Variasi Kombinasi Tween 80 Dan Span 80: Kajian Karakteristik Fisik Sediaan," *Media Farmasi Indonesia*, vol. 14, no. 1, pp. 1471–1477, 2019.
- [12] S. Kusuma, S. Mita, and A. Mutiara, "Antimicrobial lotion containing red *Piper betle* leaf (*Piper crocatum* Ruiz and Pav) ethanolic extract for topical application," *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, vol. 8, pp. 130–138, 2017.
- [13] I. Maharini, D. Utami, and F. Fitrianingsih, "The Influence of Tween 80 in the Formulations of Nanoemulsion Virgin Coconut Oil," in *International Conference on Pharmaceutical Research and Practice*, 2018, pp. 75–78.
- [14] A. C. Adi, N. Setiawaty, A. Anindya, and H. Rachmawati, "Formulasi dan Karakterisasi Sediaan Vitamin A," *Media Gizi Indonesia*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2019.
- [15] L. Winarti, R. Martien, Suwaldi, and L. Hakim, "An experimental design of SNEDDS template loaded with bovine serum albumin and optimization using D-optimal," *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, vol. 8, no. 5, pp. 425–432, 2016.
- [16] M. H. C. Klau and R. J. Hesturini, "Effect of Ethanol Extract of Dandang Gendis Leaves (*Clinacanthus nutans* (Burm F) Lindau) on Analgesic Power and Stomach Macroscopic Appearance of Mice," *J. Farmasi & Sains Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 6–12, 2021.
- [17] Y. Ambari, A. O. Saputri, and I. H. Nurrosyidah, "Formulasi dan uji aktivitas antioksidan body lotion ekstrak etanol daun kemangi (*Ocimum cannum* Sims.) dengan metode DPPH (1, 1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl)," *As-syifaa J. Farmasi*, vol. 13, no. 2, pp. 86–96, 2021.
- [18] W. F. Qomara, I. Musfiyah, and R. Wijayanti, "Review: Evaluasi Stabilitas dan Inkompatibilitas Sediaan Oral Liquid," *Majalah Farmasetika*, vol. 8, no. 3, pp. 209–223, 2023.
- [19] S. D. Amanda, "Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Uji Ph Dan Uji Viskositas Formulasi Sediaan Nanoemulgel Ekstrak Temu Kunci (*Boesenbergia Rotunda*)," Skripsi/Tesis/Disertasi, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2022.
- [20] A. Setyopratiwi and H. T. U. Hanifah, "Formulasi dan Stabilitas Mikroemulsi Minyak dalam Air dengan Virgin Coconut Oil (VCO) Sebagai Fase Minyak Menggunakan Metode Emulsifikasi," in *Prosiding Seminar Nasional Kimia 1*, pp. 108–123, 2022.
- [21] A. Fiyani, N. Saridewi, and S. Suryaningsih, "Analisis Konsep Kimia Terkait dengan Pembuatan Surfaktan dari Ampas Tebu," *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, vol. 10, no. 2, pp. 94–101, 2020.