

## Formulasi Nanoemulsi Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*) Berbasis Minyak Bekatul dengan Penambahan Tween 80 dan PEG 400 sebagai Surfaktan-Kosurfaktan

### *Formulation of Ginger Extract (Zingiber officinale) Nanoemulsion Based on Rice Bran Oil Incorporated with Tween 80 and PEG 400 as Surfactant-Cosurfactant*

Nisaul Fadilah Dalimunthe\*, Fitri Annisa, Rizkyka Tria Ramadhan, Valencia Vazelim, Michael Michael, Thiodorus Marvin Tjandra

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Medan, 20155, Indonesia

\*Email: [nisaul.fadilah@usu.ac.id](mailto:nisaul.fadilah@usu.ac.id)

#### Article history:

Diterima : 19 Agustus 2025  
Direvisi : 22 September 2025  
Disetujui : 18 Agustus 2026  
Mulai online : 29 September 2026

E-ISSN: 2337-4888

#### How to cite:

Nisaul Fadilah Dalimunthe, Fitri Annisa, Rizkyka Tria Ramadhan, Valencia Vazelim, Michael Michael, Thiodorus Marvin Tjandra. (2026). Formulasi Nanoemulsi Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*) Berbasis Minyak Bekatul dengan Penambahan Tween 80 dan PEG 400 sebagai Surfaktan-Kosurfaktan. Jurnal Teknik Kimia USU, 15(2), 142-151.

#### ABSTRAK

Ekstrak jahe (*Zingiber officinale*) mengandung senyawa bioaktif seperti *gingerol*, *shogaol*, *zingerone*, dan *zingiberol* yang berpotensi digunakan dalam formulasi nanoemulsi untuk meningkatkan kelarutan dan ketersediaan senyawa aktif alami. Penelitian ini bertujuan menentukan formulasi nanoemulsi terbaik menggunakan minyak bekatul sebagai variabel bebas, serta Tween 80, PEG 400, dan ekstrak jahe sebagai variabel tetap, dari enam formulasi. Tween 80 sebagai surfaktan memperkecil ukuran globul zat lipofilik, sedangkan PEG 400 sebagai kosurfaktan meningkatkan efektivitas zat aktif melalui peningkatan penetrasi. Nanoemulsi dibuat dengan mencampurkan keempat bahan tersebut, lalu dievaluasi berdasarkan parameter organoleptik, pH, tipe emulsi, persen transmitansi, dan waktu emulsifikasi. Hasil menunjukkan seluruh formula memiliki pH 6,52–6,72, tipe emulsi minyak dalam air (M/A), dan waktu emulsifikasi < 1 menit (*grade A*). Formulasi dengan 2,5 mL minyak bekatul, 12,5 mL Tween 80, dan 15 mL PEG 400 memberikan hasil terbaik dengan transmitansi tertinggi ( $99,31 \pm 0,40\%$ ) dan ukuran partikel 25,58 nm.

**Kata kunci:** ekstrak jahe, minyak bekatul, kosurfaktan, nanoemulsi

#### ABSTRACT

Ginger extract (*Zingiber officinale*) contains bioactive compounds such as *gingerol*, *shogaol*, *zingerone*, and *zingiberol*, making it promising for nanoemulsion formulations that enhance solubility and bioavailability of natural active compounds. This study aimed to determine the optimal nanoemulsion formulation using rice bran oil as the independent variable, with Tween 80, PEG 400, and ginger extract as fixed variables across six formulations. Tween 80 acts as a surfactant reducing lipophilic globule size, while PEG 400 acts as a cosurfactant enhancing effectiveness through increased penetration. Nanoemulsions were prepared by mixing the four ingredients, then evaluated for organoleptic properties, pH, emulsion type, transmittance, and emulsification time. All formulas showed pH 6.52–6.72, an oil-in-water (O/W) type, and emulsification times < 1 minute (*grade A*). The formulation with 2.5 mL rice bran oil, 12.5 mL Tween 80, and 15 mL PEG 400 gave the best result, with the highest transmittance and particle size of 25.58 nm.

**Keywords:** ginger extract, rice bran oil, cosurfactant, nanoemulsion



This work is licensed under a Creative Commons  
Attribution-ShareAlike 4.0 International  
<https://doi.org/10.32734/jtk.v15i2.22503>

## 1. Pendahuluan

Emulsi merupakan sistem yang tidak stabil secara termodinamika dikarenakan sifat natural dari fase minyak dan air yang memiliki inkompatibilitas secara molekuler yang menyebabkan pelepasan energi dari sistem dan kerusakan emulsi karena terjadinya pemisahan antara dua fase [1]. Kerusakan emulsi dapat diatasi dengan menggunakan nanoemulsi, yaitu dengan memperkecil ukuran partikel [2]. Nanoemulsi merupakan campuran isotropik antara minyak, surfaktan, kosurfaktan, dan senyawa aktif secara spontan saat bercampur dengan air [3]. Nanoemulsi menawarkan keunggulan dalam meningkatkan kelarutan senyawa hidrofobik dan menghindari metabolisme lintas pertama yang meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas obat [4]. Nanoemulsi memiliki ukuran partikel 20–500 nm dan merupakan suatu sistem dispersi minyak dan air yang distabilkan oleh kombinasi surfaktan dan kosurfaktan. Nanoemulsi dapat memperbaiki absorpsi senyawa makromolekul dan meningkatkan stabilitas zat aktif dari degradasi lingkungan [5]. Salah satu zat aktif yang bisa dijadikan sebagai campuran dalam pembuatan nanoemulsi adalah ekstrak jahe.

Jahe mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, zingerone, dan zingiberol yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antidiabetik [6]. Studi Wang *et al.* [7] menunjukkan bahwa jahe merupakan kandidat terapi yang menjanjikan untuk menjadi campuran nanoemulsi melalui mekanisme molekuler dan metabolik. Untuk mendukung kestabilan dan efektivitas penghantaran senyawa aktif jahe, digunakan bahan pelengkap seperti minyak bekatul sebagai fase minyak karena kaya akan antioksidan seperti tokoferol dan tokotrienol, serta kandungan fosfolipid seperti lesitin dedak padi sebagai pengemulsi alami dan asam lemak esensial. Selain kandungan antioksidan tersebut, minyak bekatul memiliki kandungan  $\gamma$ -oryzanol yang bersifat lipofilik sehingga mampu meningkatkan kelarutan senyawa bioaktif hidrofobik dan memberikan perlindungan terhadap degradasi oksidatif selama penyimpanan. Komposisi asam lemak tak jenuh yang didominasi oleh asam oleat dan asam linoleat juga memberikan karakteristik fisikokimia yang mendukung pembentukan globul berukuran nano dan meningkatkan kestabilan sistem nanoemulsi. Dibandingkan dengan minyak nabati lain seperti *virgin coconut oil* (VCO) yang didominasi asam lemak jenuh, minyak bekatul memiliki kapasitas yang lebih baik dalam mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif karena kandungan antioksidan alaminya yang lebih tinggi [3,7]. Selain itu, *Tween* 80 dan PEG 400 sebagai agen kosurfaktan nanoemulsi [8,9]. *Tween* 80 sebagai surfaktan dapat digunakan untuk memperkecil ukuran globul zat lipofilik dalam sistem mikroemulsi dan nanoemulsi. PEG 400 sebagai kosurfaktan dapat meningkatkan efektivitas zat aktif obat melalui peningkatan penetrasi. Pemilihan *Tween* 80 didasarkan pada nilai *Hydrophilic-Lipophilic Balance* (HLB) yang tinggi sehingga sesuai untuk membentuk nanoemulsi tipe minyak dalam air (*oil-in-water*). Selain itu, *Tween* 80 merupakan surfaktan nonionik yang memiliki toksisitas rendah, stabil pada berbagai kondisi pH, serta mampu menurunkan tegangan antarmuka secara efektif sehingga menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil dan distribusi ukuran yang lebih seragam [8]. PEG 400 dipilih sebagai kosurfaktan karena mampu meningkatkan fleksibilitas lapisan antarmuka, mempercepat proses emulsifikasi spontan, serta meningkatkan kelarutan senyawa aktif dalam sistem nanoemulsi sehingga diperoleh formulasi yang lebih stabil [9]. Nanoemulsi yang dibuat dari kombinasi *Tween* 80 dan PEG 400 sebagai surfaktan dan kosurfaktan memiliki tingkat kejernihan dan transparansi yang baik, serta dapat mempertahankan stabilitas dan efektivitas zat aktif [10]. Kombinasi bahan-bahan ini secara sinergis mendukung kestabilan formulasi dalam pelepasan terkendali di dalam tubuh. Berdasarkan uraian di atas, penelitian mengenai fabrikasi nanoemulsi sistem penghantaran obat berbasis ekstrak jahe, minyak bekatul, dan kosurfaktan akan dilakukan sebagai kandidat suplemen antiinflamasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Erliyana *et al.* (2022) menggunakan VCO sebagai fase minyak karena ketersediaannya yang luas dan sifatnya yang mudah diemulsifikasi karena kandungan trigliserida rantai menengah dan mampu menghasilkan nanoemulsi yang jernih dengan ukuran partikel yang relatif kecil. Namun, penggunaan VCO sebagai fase minyak dapat membatasi kelarutan senyawa fenolik jahe karena kandungan lemak jenuh yang tinggi serta rendahnya kandungan antioksidan sehingga kurang mendukung stabilitas bioaktif dalam nanoemulsi. Pada penelitian ini, penggunaan minyak bekatul sebagai fase minyak akan meningkatkan stabilitas nanoemulsi dan memberikan efek sinergis dengan aktivitas farmakologis ekstrak jahe karena kandungan senyawa bioaktif minyak bekatul yang kaya antioksidan seperti tokoferol dan tokotrienol, serta kandungan fosfolipid seperti lesitin dedak padi.

## 2. Metode

### Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *ultrasound bath*, *homogenizer*, *vortex mixer*, *beaker glass*, gelas ukur, indikator pH, *aluminium foil*, dan mikropipet. Instrumen yang digunakan meliputi spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, model PharmaSpec UV-1700), dan *Particle Size Analyzer* (PSA) (model Nanowave II).

## Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain jahe (*Zingiber officinale*) dan minyak bekatul disuplai secara lokal, akuades, *Tween* 80, PEG 400, natrium klorida (NaCl), dan asam klorida (HCl) disuplai dari Emsure KGaA® (Jerman), magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), dan kalium klorida (KCl) disuplai dari Merck KGaA® (Jerman), serta natrium bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) disuplai dari Nitra Kimia (Indonesia).

## Preparasi Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*)

Preparasi ekstrak jahe pada penelitian ini menggunakan *steam distillation*, 100 g rimpang jahe yang sudah dicuci, dikupas, dan diblender bersama 300 ml air. Kemudian campuran akan melewati proses hidrodistilasi selama kurang lebih 3 jam pada suhu sekitar 90 °C. Uap yang mengandung minyak atsiri dikondensasikan, kemudian fasa minyak dipisahkan dari air sebelum disimpan dalam botol gelap pada suhu rendah untuk menjaga kestabilannya [11]

## Preparasi Nanoemulsi

Pembuatan nanoemulsi sebagai sediaan dalam sistem penghantaran obat dilakukan dengan pembuatan kosurfaktan. Mula-mula, surfaktan *Tween* 80 dicampurkan dengan kosurfaktan PEG 400 pada rasio 5:6 (v/v) dengan total volume 27,5 mL. Campuran kemudian ditambahkan dengan minyak bekatul sebagai fase minyak dengan variasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Penelitian Nanoemulsi

| Bahan           | Fungsi      | Formulasi |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 |             | A         | B     | C     | D     | E     | F     |
| Minyak bekatul  | Fase minyak | 1,8%      | 3,5%  | 5,2%  | 6,8%  | 8,3%  | 9,8%  |
| <i>Tween</i> 80 | Surfaktan   | 44,6%     | 43,9% | 43,1% | 42,4% | 41,7% | 41,0% |
| PEG 400         | Kosurfaktan | 53,6%     | 52,6% | 51,7% | 50,8% | 50%   | 49,2% |
| Jumlah Volume   |             | 100%      | 100%  | 100%  | 100%  | 100%  | 100%  |

Sediaan diaduk dengan menggunakan *high shear homogenizer* (10.000 rpm) selama 10 menit dan dilanjutkan dengan ultrasonikasi selama 30 menit menggunakan *ultrasound bath*. Selanjutnya, ekstrak jahe dimasukkan sebanyak 2,5 mL dan tetap diaduk hingga homogen [12].

## Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan melalui penginderaan. Evaluasi organoleptik bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi aroma dan tampilan fisik dari nanoemulsi yang telah dihasilkan [13].

## Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan menggunakan alat viskometer Brookfield. Uji viskositas dilakukan untuk mengukur tingkat kekentalan atau resistensi aliran dari sediaan nanoemulsi [14].

## Uji Warna

Uji warna dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Uji warna dilakukan untuk mengetahui tingkat kepekatan warna berdasarkan nilai absorbansi dari sampel [15].

## Uji pH

Uji pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman dari sediaan nanoemulsi [16]. Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter terkalibrasi pada suhu ruangan.

## Uji Tipe Nanoemulsi

Pengujian tipe nanoemulsi dilakukan dengan melibatkan pengenceran sampel ke dalam fase air dan minyak pada rasio 1:100 (v/v). Apabila sampel larut sepenuhnya dalam air, nanoemulsi dikategorikan sebagai tipe minyak dalam air (M/A). Sebaliknya, jika sampel larut sepenuhnya dalam fase minyak, nanoemulsi diklasifikasikan sebagai tipe air dalam minyak (A/M) [17].

### Uji Transmittansi

Pengujian transmittansi diawali dengan mencampurkan 10 mL nanoemulsi dengan 50 mL akuades yang diaduk menggunakan *vortex mixer* selama 30 detik. Selanjutnya, pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada bilangan gelombang 650 nm (blanko akuades) mengonfirmasi tingkat kejernihan atau transmittansi yang lebih dari 95% [4]. Setiap sampel diuji secara triplo. Nilai persen transmittansi dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA) satu arah dan uji Tukey pada taraf kepercayaan 95%.

### Uji Waktu Emulsifikasi

Evaluasi waktu emulsifikasi dilakukan menggunakan tiga media, yaitu akuades, *artificial gastric fluid* (AGF), dan *artificial intestinal fluid* (AIF). AGF diformulasikan untuk mensimulasikan kondisi lambung (pH 1,2) yang dibuat menggunakan 200 mg NaCl dan 0,7 mL HCl 37%. AIF mensimulasikan kondisi usus (pH 6,8) dengan mencampurkan 0,15 g MgCl<sub>2</sub>, 0,14 g CaCl<sub>2</sub>, 0,10 g KCl, 1,75 g NaCl, 0,42 g NaHCO<sub>3</sub>, dan 500 mL akuades. Media sebanyak 500 mL dipanaskan pada suhu 37 °C di atas *magnetic stirrer* dengan kecepatan 50 rpm. Nanoemulsi 1 mL diteteskan ke dalam media secara cepat. Pengamatan dilakukan terhadap waktu yang diperlukan sejak awal penetesan hingga terbentuk nanoemulsi yang ditandai dengan terlarutnya obat [18].

### Analisis Ukuran Partikel

Analisis ukuran partikel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran nanoemulsi pada formulasi terbaik. Analisis dilakukan menggunakan instrumen *Nanoparticle Size Analyzer* bertipe NANOTRAC Wave II. Lebih spesifik, sebanyak dua tetes sampel ditambahkan ke dalam 5 mL akuades, diambil 3 mL dan dimasukkan ke dalam kuvet untuk dianalisis. Pengukuran ukuran partikel nanoemulsi didasarkan pada penghamburan sudut hamburan cahaya terhadap sampel. Hamburan cahaya dinamis atau *dynamic light scattering* (DLS) akan melewati sampel dan distribusi dari intensitas cahaya yang dihamburkan akan dianalisis secara komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel. Hasil pengujian PSA disajikan dalam bentuk distribusi ukuran partikel untuk menunjukkan sebaran ukuran partikel dalam sampel [19, 20].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Uji Organoleptik Nanoemulsi

Uji organoleptik yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengamati aroma sediaan nanoemulsi yang dibuat. Hasil uji organoleptik nanoemulsi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptik Nanoemulsi

| Formulasi | Aroma                    |
|-----------|--------------------------|
| A         | Aroma jahe sangat ringan |
| B         | Aroma jahe ringan        |
| C         | Aroma jahe sedang        |
| D         | Aroma jahe kuat          |
| E         | Aroma jahe tajam         |
| F         | Aroma jahe sangat kuat   |

Berdasarkan Tabel 2. Dapat kita lihat bahwa semakin tinggi formulasi sediaan maka aroma jahe yang dihasilkan semakin kuat. Aroma jahe terdeteksi dengan intensitas yang berbeda-beda. Volume minyak bekatul yang lebih besar menghasilkan aroma yang lebih kuat, karena minyak tersebut membawa dan mempertahankan senyawa aromatik dari ekstrak jahe. Pelepasan aroma dalam sistem emulsi dipengaruhi oleh ukuran *droplet*, volume fase minyak, serta interaksi antarkomponen dalam sistem [21].

### Uji Viskositas Nanoemulsi

Uji viskositas yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui tingkat kekentalan sediaan nanoemulsi yang dibuat. Hasil uji viskositas nanoemulsi yang diuji menggunakan viskometer dapat dilihat pada Tabel 3. Kekentalan formulasi menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya volume minyak bekatul. Kenaikan viskositas ini berkaitan dengan bertambahnya fase minyak yang memperkuat interaksi antar-droplet [21]. Viskositas berperan penting dalam menjaga stabilitas emulsi dan kenyamanan penggunaan [22].

Tabel 3. Hasil Uji Viskositas Nanoemulsi

| Formulasi | Viskositas (mm <sup>2</sup> /s) |
|-----------|---------------------------------|
| A         | 7,92                            |
| B         | 9,68                            |
| C         | 10,15                           |
| D         | 10,37                           |
| E         | 10,53                           |
| F         | 12,93                           |

### Uji Warna

Uji warna yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui tingkat kepekatan warna berdasarkan nilai absorbansi dari sampel. Hasil uji absorbansi dan warna nanoemulsi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 1.

Tabel 4. Hasil Uji Absorbansi Nanoemulsi

| Formulasi | Absorbansi |
|-----------|------------|
| A         | 0,003      |
| B         | 0,005      |
| C         | 0,007      |
| D         | 0,016      |
| E         | 0,061      |
| F         | 0,113      |



Gambar 1. Foto Nanoemulsi

Berdasarkan Gambar 1, variasi nanoemulsi menunjukkan adanya perubahan warna, seiring meningkatnya konsentrasi minyak bekatul dalam formulasi. Hal ini didukung dengan analisis absorbansi yang mengikuti hukum Lambeer-Beer (Tabel 4). Semakin tinggi nilai absorbansi, semakin tinggi konsentrasi zat berwarna dalam sampel, sehingga tingkat kepekatan warna juga meningkat [15]. Perubahan warna ini berkaitan erat dengan jumlah minyak bekatul dan ekstrak jahe dalam tiap formulasi, yang memengaruhi tampilan akhir sediaan secara visual [21].

### Uji pH Nanoemulsi

Uji pH dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pH nanoemulsi yang telah disiapkan dengan kisaran pH yang dianggap baik untuk suatu sediaan [20]. Hasil pengujian pH sediaan nanoemulsi meter dapat dilihat pada Tabel 5. Semua formulasi nanoemulsi yang telah dibuat memiliki rentang 6,52–6,71. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pH formulasi meningkat seiring bertambahnya komposisi minyak bekatul. Pengukuran pH adalah salah satu hal penting dalam mengevaluasi produk akhir nanoemulsi karena setiap perubahan pada tingkat pH dapat memengaruhi kestabilan dari nanoemulsi tersebut [23]. Kisaran pH normal dalam nanoemulsi adalah 6–7, spesifiknya di antara 6,65–6,72. Penelitian Sondari dan Tursiloadi [24] menunjukkan bahwa nilai pH yang diperoleh dalam formulasi nanoemulsi dari ekstrak jahe berkisar 6,65–6,72. Kemudian, pada penelitian Alharbi et al. (2023), pH yang diperoleh untuk formulasi nanoemulsi dari ekstrak jahe berkisar 5,87–6,87 [25]. Nilai pH dari nanoemulsi tersebut dipengaruhi oleh jumlah ekstrak yang digunakan, jenis surfaktan,

bahan pengisi, serta faktor-faktor lainnya [26]. Pada penelitian ini, formulasi F menghasilkan pH 6,55. Hal ini disebabkan oleh jumlah minyak bekatul yang mengandung asam lemak bebas (ALB) dalam formulasi yang melebihi jumlah ekstrak jahe. Penurunan pH terjadi karena jahe mengandung senyawa fenol yang merupakan senyawa asam lemah dan dapat melepaskan ion  $H^+$  dalam larutan. Peningkatan konsentrasi ion  $H^+$  akan meningkatkan keasaman sehingga menyebabkan penurunan nilai pH [27].

Tabel 5. Hasil Uji pH Nanoemulsi

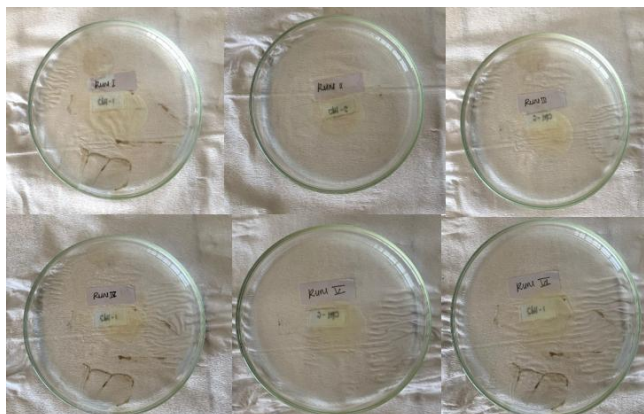
| Formulasi | pH   |
|-----------|------|
| A         | 6,52 |
| B         | 6,57 |
| C         | 6,60 |
| D         | 6,65 |
| E         | 6,71 |
| F         | 6,52 |

### Uji Tipe Nanoemulsi

Pengujian tipe nanoemulsi dilakukan untuk menentukan kategori nanoemulsi: minyak dalam air (M/A) atau air dalam minyak (A/M) [12]. Hasil uji tipe sediaan nanoemulsi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Hasil Uji Tipe Nanoemulsi

| Formulasi | Tipe Nanoemulsi |
|-----------|-----------------|
| A         | M/A             |
| B         | M/A             |
| C         | M/A             |
| D         | M/A             |
| E         | M/A             |
| F         | M/A             |



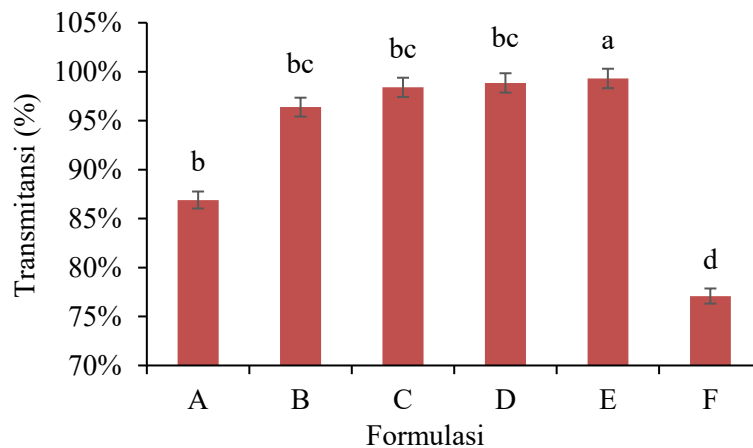
Gambar 2. Foto Uji Tipe Nanoemulsi

Berdasarkan hasil uji tipe nanoemulsi, diperoleh jenis nanoemulsi dari keenam perlakuan tergolong ke dalam tipe minyak dalam air (M/A). Gambar 2 menunjukkan keenam sediaan nanoemulsi menunjukkan sebaran minyak yang tampak halus dan terdispersi dalam medium berair tampak membentuk fase terpisah. Tipe nanoemulsi pada sediaan ini terdispersi sempurna dalam air. Pada dasarnya air bersifat polar, sehingga dapat larut dan menyebar secara merata di seluruh sediaan nanoemulsi. Perbandingan kosurfaktan dan lama pengadukan tidak memengaruhi jenis nanoemulsi yang terbentuk, karena hasilnya tergantung jenis surfaktan yang digunakan. Dalam penelitian ini, kosurfaktan yang digunakan adalah *Tween* 80 dan PEG 400. Kedua surfaktan ini memiliki gugus polar yang kuat dan bersifat hidrofilik sehingga memiliki sifat M/A. Nanoemulsi yang termasuk jenis minyak dalam air memiliki beberapa keuntungan, seperti kemampuan melepaskan obat dengan baik dan meningkatkan konsentrasi obat yang larut, sehingga penyerapan obat ke dalam tubuh juga

meningkat. Dengan demikian, obat berbasis nanoemulsi M/A cenderung lebih mudah larut dan lebih cepat diserap oleh tubuh manusia [29].

### Uji Transmittansi Nanoemulsi

Pengujian transmittansi yang dilakukan bertujuan untuk mengonfirmasi tingkat kejernihan atau transmittansi yang lebih dari 95% [4]. Hasil uji transmittansi nanoemulsi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.

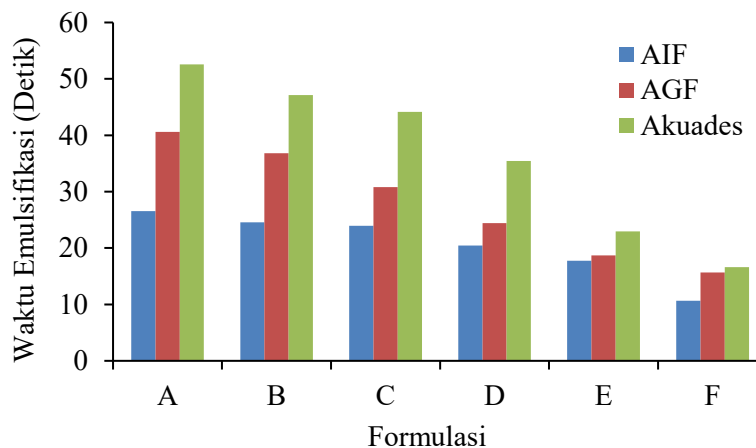


Gambar 3. Uji Transmittansi Nanoemulsi

Nilai persen transmittansi yang mendekati 100% merupakan salah satu ciri fisik terbentuknya nanoemulsi. Nilai persen transmittansi menunjukkan tingkat kejernihan dari nanoemulsi yang dihasilkan. Hasil penelitian (Gambar 3) menunjukkan persen transmittansi pada formulasi yang ada berkisar  $77,09 \pm 0,80\%$  hingga  $99,31 \pm 0,40\%$ . Analisis statistik menunjukkan bahwa formulasi E memiliki transmittansi tertinggi dan berbeda signifikan ( $p < 0,01$ ) dibandingkan semua formulasi lain. Tingkat kejernihan suatu formulasi dapat membentuk globul dengan ukuran nanometer. Hal ini terjadi karena ukuran globul yang sangat kecil, ketika cahaya melewati globul tersebut, akan membuat cahaya diteruskan. Sebaliknya, formulasi F dengan nilai transmittansi terendah dan berbeda signifikan dari semua perlakuan ( $p < 0,01$ ) mengindikasikan adanya pembentukan globul berukuran lebih besar yang menurunkan kejernihan. Konsekuensi dari nilai persen transmittansi yang mendekati air akan meningkatkan efisiensi penyerapan [29,30].

### Uji Waktu Emulsifikasi Nanoemulsi

Evaluasi waktu emulsifikasi dilakukan untuk mensimulasikan seberapa cepat nanoemulsi terbentuk sesaat setelah bersentuhan dengan cairan tubuh. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan nanoemulsi saat berada di dalam tubuh. Semakin cepat proses emulsifikasi, semakin meningkatkan penyerapan obat [31]. Hasil uji waktu emulsifikasi nanoemulsi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Waktu Emulsifikasi Nanoemulsi

Hasil penelitian menunjukkan waktu emulsifikasi keenam perlakuan memiliki waktu emulsifikasi di bawah 60 detik (1 menit) saat bersentuhan dengan AIF, AGF, maupun akuades. Emulsi tipe ini termasuk ke dalam *grade A* [31]. Waktu emulsifikasi merupakan aspek penting dalam formulasi nanoemulsi dengan penggunaan kosurfaktan yang efektif dapat mempercepat proses ini dengan menurunkan tegangan antarmuka, sehingga menghasilkan *droplet* yang kecil dan stabil. Kecepatan dan efisiensi terbentuknya nanoemulsi sangat dipengaruhi oleh waktu emulsifikasi [32].

#### Verifikasi Ukuran Partikel Nanoemulsi

Pengujian ukuran partikel dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan nanoemulsi memiliki ukuran partikel sesuai standar, yaitu kurang dari 100 nm. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA), yang bekerja berdasarkan prinsip hamburan cahaya [32]. Pada penelitian ini, verifikasi dilakukan terhadap formulasi terbaik dengan persentase transmitansi tertinggi, yaitu formulasi E (minyak bekatul 2,5 mL, *Tween* 80 12,5 mL, dan PEG 400 15 mL). Ukuran partikel nanoemulsi yang dihasilkan berdasarkan uji PSA sebesar 25,58 nm. Nilai ini mengonfirmasi bentuk sediaan nanoemulsi dengan ukuran partikel yang sangat kecil yang berkisar 20–600 nm. Ukuran nanoemulsi pada penelitian ini lebih kecil daripada studi Ardila *et al.* pada nanoemulsi ekstrak jahe adalah dengan ukuran 57,9 nm pada formulasi ekstrak jahe dan *Tween* 80 berturut-turut 0,5 dan 5 mL [30]. Sediaan ini memiliki keunggulan berupa permeabilitas yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan kelarutan senyawa hidrofilik. Hal ini membantu mengatasi keterbatasan penetrasi bahan aktif ke dalam tubuh akibat sifat hidrofobik pada sebagian besar metabolit sekunder [32].

#### 4. Kesimpulan

Formulasi nanoemulsi ekstrak jahe (*Zingiber officinale*) dengan fase minyak bekatul, surfaktan *Tween* 80, dan kosurfaktan PEG 400 telah dilakukan dan menunjukkan karakteristik fisik yang baik. Evaluasi terhadap enam formula dilakukan melalui uji organoleptik, viskositas, warna, pH, tipe emulsi, transmitansi, waktu emulsifikasi dan ukuran partikel. Hasil penelitian pada semua formulasi menunjukkan tipe emulsi minyak dalam air (M/A) dengan waktu emulsifikasi cepat < 1 menit (*grade A*) yang berarti proses pembentukan emulsi berlangsung stabil, serta pH dalam rentang 6,52–6,72 yang masih sesuai untuk sediaan topikal maupun oral. Berdasarkan hasil keseluruhan uji, formula E (minyak bekatul 2,5 mL, *Tween* 80 12,5 mL, dan PEG 400 15 mL) memiliki persentase transmitansi tertinggi sebesar  $99,31 \pm 0,40\%$  dengan ukuran partikel 25,58 nm dan pH 6,72 yang sesuai dengan kondisi fisiologis tubuh.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Para penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara (LP-USU) atas pembiayaan kegiatan penelitian yang diberikan melalui skema Penelitian Terapan dengan nomor kontrak induk: 13452/UN5.1.R/PT.01.03/2025 dan nomor kontrak turunan: 56/UN5.4.10.K/PT.01.03/TALENTA/RB1/2025.

#### 6. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. Restiana dan Y. Cahyana, “Karakterisasi Fisikokimia dan stabilitas emulsi pickering menggunakan tepung dan pati ganyong termodifikasi dry-heat sebagai emulsifier,” *TEKNOTAN.*, vol. 17, no. 3, pp. 173-180. 2023.
- [2] L. A. Redhita, M. U. Beandrade, I. K. Putri, dan R. Anindita, “Formulasi dan evaluasi nanoemulsi ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum L.*) dengan variasi konsentrasi *Tween* 80,” *Jurnal Mitra Kesehatan.* vol. 4, no. 2, pp. 80-91. 2022.
- [3] M. H. Sahumena dan S. Suryani, “Formulasi Self nano-emulsifying drug delivery system (SNEDDS) ibuprofen dengan VCO dan kombinasi surfaktan,” *Indones. J. Pharm. Educ.*, vol. 2, no. 3, pp. 239–246, 2023.
- [4] S. E. Priani, S. Y. Somantri, dan R. Aryani, “Formulasi dan karakterisasi SNEDDS (self nanoemulsifying drug delivery system) mengandung minyak jintan hitam dan minyak zaitun,” *J. Sains Farm. Klin.*, vol. 7, no. 1, p. 31, 2020.
- [5] A. I. Widyastuti, dan D. Saryanti, “Formulasi dan evaluasi sediaan nanoemulsi ekstrak umbi bawang putih (*Allium sativum L.*),” *Jurnal Sains dan Kesehatan.*, vol. 5, no. 2, pp. 178-185, 2023.
- [6] Q. Q. Mao, X. Y. Xu, S. Y. Cao, R. Y. Gan, H. Corke, T. Beta, dan H. B. Li, “Bioactive Compounds

- And Bioactivities Of Ginger (*Zingiber Officinale* Roscoe),” *Foods*, vol. 8, no. 6, pp. 1–21, 2019.
- [7] J. Wang, W. Ke, R. Bao, X. Hu, dan F. Chen, “Beneficial effects of ginger *Zingiber officinale* Roscoe on obesity and metabolic syndrome: a review,” *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1398, no. 1, pp. 83–98, 2017.
  - [8] M. B. Zen, G. P. Ganda Putra, dan L. Suhendra, “Karakteristik enkapsulat ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) pada perlakuan variasi jenis dan konsentrasi bahan penyalut,” *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 9, no. 3, pp. 356, 2021.
  - [9] L. G. Febriana, N. A. S. Stannia P.H, A. N. Fitriani, dan N. A. Putriana, “Potensi gelatin dari tulang ikan sebagai alternatif cangkang kapsul berbahan halal: Karakteristik dan pra formulasi,” *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 3, p. 223, 2021.
  - [10] A. Shabrina, dan I. S. M. Khansa, “Physical stability of sea buckthorn oil nanoemulsion with Tween 80 variations,” *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. Vol. 1, No. 1, pp. 14-21. 2022.
  - [11] G. A. Akpanika, E. E. Nkanor, dan G. A. Ayoola, “Steam Distillation and gas chromatographic analysis of volatile components of *Zingiber officinale*,” *Nigerian Journal of Pharmaceutical and Applied Science Research*. Vol. 10, No. 1, pp. 15-19. 2021.
  - [12] M. Erliyana, W. Widyaningsih, D. A. Wumu, dan W. F. Wulansari, “Formulation of self-nano emulsifying drug delivery system (SNEDDS) red ginger extract (*Zingiber Officinale* var. *rubrum*),” *Media Farm. J. Ilmu Farm.*, vol. 19, no. 2, pp. 133, 2022.
  - [13] R. Tungadi, N. A. Thomas, dan W. G. Van Gobel, “Formulasi, karakterisasi, dan evaluasi drops liquid self nano-emulsifying drug delivery system (SNEDDS) astaxanthin,” *Indones. J. Pharm. Educ.*, vol. 1, no. 3, pp. 168–178, 2021.
  - [14] M. K. Putri, R. U. Asshaumi, N. F. Rahmadani, S. I. Kurnia, S. Mayasari, R. Martatino, S. H. B. Praswoto, dan N. M. Dewi, "Analisis nilai kecepatan terhadap viskositas pada fluida," *Jurnal Pendidikan Fisika.*, vol 8, no. 1, pp. 89-96, 2024.
  - [15] D. D. Pandapotan, I. D. Djati, M. Triharini, Y. E. Maulana, dan A. Juliastuti, "Pengaruh Absorbansi kayu secang terhadap keputusan desain," *Jurnal Desai Indonesia.*, vol 2, no.1, pp. 34-42, 2020.
  - [16] T. S. Suhesti dan A. Muslimah, “Nanoemulsion of Nagasari (*Mesua ferrea* L.) leaf and its activity againts *Staphylococcus aureus*,” *Indones. J. Pharm. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 137–143, 2025.
  - [17] A. S. Putri dan Z. D. Siqhny, “Rasio tanaman krokot (*Portulaca oleracea*) dan daun sirih merah (*Piper betle*) terhadap sifat antioksidatif manisan lembaran,” *Pengemb. Rekayasa Teknol.*, vol. 16, no. 2, pp. 113–120, 2020.
  - [18] M. A. Ridloh, "Formulasi dan karakteristik sediaan self-nanoemulsifying drug delivery system (SNEDDS) ekstrak bunga krisan (*Chrysantemum Morifolium*)", Dissertation, Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2022.
  - [19] R. Hanistya, A. K. Sari, E. Wahyuningsih, K. Samlan, R. Dessidianti, O. I. Wiputri, dan I. Isnaeni, “Review artikel : Desain dan karakteristik self nano emulsifying drug delivery system (SNEDDS),” *Camellia Clin. Pharm. Anal. Pharm. Community J.*, vol. 2, no. 2, pp. 115–121, 2023.
  - [20] C. S. Cox, dan C. M. Wathes, *Bioaerosols Handbook*, 1th ed. UK: CRC Press, 1995.
  - [21] D. J. McClements, *Food Emulsions (Principles, Practices, and Techniques)*, 3rd ed. USA: CRC Press, 2016.
  - [22] P. Malakasiotis dan I. Androutsopoulos, “Learning textual entailment using SVMs and string similarity measures,” *Proc. Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist.*, pp. 42–47, 2007.
  - [23] B. Ma’arif, R. Azzahara, F. Rizki, A. Suryadinata, A. Wafi, N. Maulina, dan H. Sugihantoro, “Formulasi dan karakterisasi nanoemulsi ekstrak etanol 70% daun semanggi (*Marsilea crenata* C. Presl.),” *Med. Sains J. Ilm. Kefarmasian*, vol. 8, no. 2, pp. 733–746, 2023.
  - [24] D. Sondari dan S. Tursiloadi, “The effect of Surfactan on Formulation and Stability of Nanoemulsion using Extract of *Centella Asiatica* and *Zingiber Officinale*,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2049, no. December, 2018.
  - [25] D. S. Alharbi, S. F. Albalawi, S. T. Alghrid, B. S. Alhwity, M. Qushawy, Y. Mortagi, M. El-Sherbiny, K. Prabahar, dan N. Elsherbiny, “Ginger oil nanoemulsion formulation augments its antiproliferative effect in Ehrlich Solid Tumor Model,” *Foods*, vol. 12, no. 22, 2023.
  - [26] A. Rahman, M. Mojiono, H. Fansuri, dan D. A. Puspita, “Sintesis nanoemulsi ekstrak cabe jawa (*Piper retrofractum* Vahl): Kajian rasio VCO:Tween 80 dan lama homogenisasi,” *J. Ilm. Rekayasa Pertan. Biosistem*, vol. 12, no. 2, pp. 314–329, 2024.
  - [27] D. Karmila, T. D. Cahyono, S. K. M. M, dan I. Nairfana, "Pengaruh variasi ekstrak jahe terhadap kecerahan warna, kadar air, derajat keasaman (pH) dan mutu organoleptik permen jelly sari buah jambu mete (*Anacardium occidentale* L.)," *FAGI Journal.*, vol. 3, no.1, pp. 55-72, 2022.

- [28] P. H. Ratnapuri, M. Fitriana, A. R. Arta, N. Sa'adah, T. Riskyana Dewi, dan D. Aulia Rosanti, "Formulasi dan evaluasi nanoemulsi dari ekstrak herba kelakai dengan kombinasi *Tween* 80 dan propilenglikol," *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, vol. 7, no. 2, pp. 262–268, 2022.
- [29] W. O. I. Fitriah, Z. A. P. Pratama, R. Andriani, R. Fauziah, dan M. Isrul, "Optimasi dan karakterisasi self-nanoemulsifying drug delivery system (SNEDDS) ekstrak etanol daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.)," *J. Mandala Pharmacon Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 383–395, 2023.
- [30] L. M. Sabrina, A. A. Zahra, K. N. Aini, V. S. Maulida, dan H. E. Putra, "Analisis komparatif surfaktan dan kosurfaktan serta parameter fisik dalam formulasi self-nanoemulsifying drug delivery system (SNEDDS) berbasis tanaman herbal," *J. Ilm. Respati*, vol. 16, no. 1, pp. 63–74, 2025.
- [31] O. Y. Destiyana, H. Hajrah, dan L. Rijai, "Formulasi nanoemulsi kombinasi ekstrak bunga mawar (*Rosa damascena* Mill.) dan ekstrak umbi bengkuang (*Pachyrhizus erosus* L.) menggunakan minyak pembawa virgin coconut oil (VCO)," in *Proceeding of the 8<sup>th</sup> Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 2018, vol. 8.
- [32] I. D. Saputri, N. Wibisono, dan I. Widyaningrum, "Karakteristik fisik sediaan nanoemulsi dan nanoemulgel ekstrak jahe emprit (*Zingiber officinale* var. *Amarum*)," *J. Bio Komplementer Med.*, vol. 11, no. 1, 2024.