OPTIMIZATION OF VANILLA FREAGRANCE OIL MICROEMULSION PRODUCTION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

OPTIMASI PEMBUATAN MIKROEMULSI MINYAK AROMA VANILA MENGGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

I Made Fajar Juliantara, Ni Made Dwi Angga Yani, Lutfi Suhendra[1], Ni Putu Suwariani
Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 28 mei 2026 / Disetujui 20 Oktober 2026

ABSTRACT

Vanilla fragrance oil has high lipophilicity and volatility, making it difficult to formulate in water-based cosmetic products without the use of alcohol solvents. This study aimed to determine the effect of stirring speed, stirring time, and solvent acidity (pH) on the characteristics of vanilla fragrance oil microemulsion, and to determine its optimal conditions using Response Surface Methodology (RSM) with a Box-Behnken Design (BBD). The microemulsion formulation used a mixture of nonionic surfactants consisting of Tween 20, Tween 80, and Span 80. The optimized factors included stirring speed (500-700 rpm), stirring time (3-5 minutes), and solvent pH (4.5-6.5). The results showed that solvent pH had the most dominant and highly significant effect ($p < 0.01$) on the transmittance percentage, followed by stirring time ($p < 0.05$). The optimal conditions for the microemulsion preparation were achieved at a stirring speed of 500 rpm, a stirring time of 3.35 minutes, and a pH of 5,01. Model validation demonstrated excellent accuracy with an error of 0.20%. Under these optimal conditions, the produced microemulsion had a transmittance value of 97.6 ± 0.058% after 24 hours of incubation and 97.6 ± 0.129% after centrifugation. The final product exhibited a particle size of 12.24±3.276 nm. Furthermore, the microemulsion formulation met the quality standards for eau de cologne (SNI 16-4949-1998), with a specific gravity of 1.05 ± 0.0005 g/mL and microbial contamination of $1.50 \times 10^3 \pm 0.58 \times 10^3$ colonies/mL.

Keywords : *Microemulsion, Optimization, Response Surface Methodology, Transmittance, Vanilla Fragrance Oil.*

ABSTRAK

Minyak aroma vanila memiliki sifat lipofilik dan volatilitas tinggi sehingga sulit diaplikasikan pada produk kosmetik berbasis air tanpa menggunakan pelarut alkohol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan derajat keasaman (pH) pelarut terhadap karakteristik mikroemulsi minyak aroma vanila, serta menentukan kondisi optimalnya menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) rancangan *Box-Behnken Design* (BBD). Formulasi mikroemulsi menggunakan campuran surfaktan nonionik berupa Tween 20, Tween 80, dan Span 80. Faktor yang dioptimasi meliputi kecepatan pengadukan (500-700 rpm), lama pengadukan (3-5 menit), dan pH pelarut (4,5-6,5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH pelarut memberikan pengaruh paling dominan dan sangat signifikan ($p < 0,01$) terhadap persentase transmitansi (T%), diikuti

[1*] Korespondensi Penulis :
Email: lutfi_s@unud.ac.id

oleh faktor lama pengadukan ($p < 0,05$). Kondisi optimal pembuatan mikroemulsi tercapai pada kecepatan pengadukan 500 rpm, lama pengadukan 3,35 menit, dan pH 5,01. Validasi model menunjukkan akurasi yang sangat baik dengan persentase *Error* 0,20%. Pada kondisi optimal tersebut, dihasilkan mikroemulsi dengan nilai persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam sebesar 97,6 ± 0,058% dan setelah sentrifugasi sebesar 97,6 ± 0,129%. Produk akhir memiliki ukuran partikel 12,24±3,276 nm. Selain itu, sediaan mikroemulsi ini juga telah memenuhi syarat mutu eau de cologne (SNI 16-4949-1998) dengan bobot jenis 1,05 ± 0,0005 g/mL dan cemaran mikroba $1,50 \times 10^3 \pm 0,58 \times 10^3$ koloni/mL.

Kata kunci : Mikroemulsi, Minyak Aroma Vanila, Optimasi, *Response Surface Methodology*, Transmitansi.

PENDAHULUAN

Fragrance oil atau minyak aroma merupakan campuran kompleks senyawa aromatik volatil, baik yang berasal dari bahan alami maupun sintetik, yang berfungsi memberikan aroma khas pada berbagai produk seperti parfum, sabun, losion, dan pengharum ruangan (Shinde et al., 2024). Namun, pemanfaatannya dalam formulasi produk berbasis air, seperti parfum masih menghadapi kendala akibat sifat lipofilik dan volatilitasnya yang tinggi, mengakibatkan ke tidak larutan dalam air, sehingga dapat menimbulkan masalah kestabilan seperti pemisahan fase, kekeruhan dan aroma cepat hilang (Adli & Pramudono, 2015). Selain itu, penggunaan alkohol yang sering digunakan sebagai pelarut minyak aroma juga menjadi tantangan karena beberapa orang memiliki kulit sensitif terhadap alkohol.

Salah satu jenis minyak aroma yang sering digunakan dan memiliki nilai ekonomi tinggi adalah minyak aroma vanila. Pemilihan aroma ini didasari oleh potensi Indonesia sebagai salah satu produsen vanili terbesar di dunia Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2024), mencatat produksi vanili nasional mencapai 1,53 ribu ton pada tahun 2023 dan memproyeksikan peningkatan hingga 1,79 ribu ton pada tahun 2027. Melimpahnya bahan baku ini memacu produksi turunan bernilai tinggi seperti minyak aroma vanila. Kandungan utama vanilin pada produk ini berfungsi memberikan profil aroma sekaligus bertindak sebagai agen antidepresan. Studi in vivo membuktikan paparan aroma vanilin memulihkan kondisi stres pada tikus melalui peningkatan kadar neurotransmiter serotonin (0,102 menjadi 0,138), dopamin (0,66 menjadi 0,81), dan norepinefrin (1,77 menjadi 2,08) yang efektivitasnya setara dengan obat fluoxetine (Xu et al., 2015). Secara komposisi, minyak aroma vanila membentuk campuran kompleks dari senyawa aroma, fiksatif, pelarut, dan carrier oil (Barel et al., 2014). Kompleksitas ini menimbulkan masalah stabilitas karena vanilin sangat rentan mengalami degradasi oksidatif yang merusak warna dan mutu kosmetik (Sofyaningsih et al., 2011). Salah satu alternatif untuk menghambat kerusakan minyak aroma vanila yaitu dengan cara menggunakan teknik emulsifikasi.

Sistem emulsi mencakup makroemulsi (1-100 μm), nanoemulsi (20-500 nm), dan mikroemulsi (10-100 nm) (Gupta et al., 2016). Penelitian ini menerapkan sistem mikroemulsi minyak-dalam-air (m/a). Sistem ini stabil secara termodinamika dan memiliki kenampakan transparan, sesuai dengan karakteristik ideal sediaan parfum (Gupta et al., 2016). Mikroemulsi bekerja dengan mengenkapsulasi molekul wewangian lipofilik di dalam inti nanodroplet. Proses enkapsulasi ini menciptakan reservoir yang melindungi senyawa dari penguapan awal dan degradasi oksidatif. Sistem ini melepaskan aroma secara bertahap dimana molekul wewangian berdifusi dari fase minyak melewati fase air sebelum akhirnya menguap (Stasse et al., 2019). Mekanisme pelepasan terkontrol ini secara efektif memperpanjang durasi aroma. Kinerja sistem ini mengatasi kelemahan pelarut alkohol pada parfum konvensional yang memicu penguapan wewangian terlalu cepat dan menurunkan intensitas aroma

dalam waktu singkat (Chairunnisa et al., 2023).

Karakteristik mikroemulsi dipengaruhi oleh rasio surfaktan dan minyak, jenis surfaktan, suhu, pH, pengadukan dan pengenceran (Ardhaningswari et al., 2023; Juliantara et al., 2023; Pratama et al., 2023; Suhendra et al., 2012). Penelitian ini menggunakan kombinasi surfaktan nonionik (Tween 20, Tween 80, dan Span 80) yang tidak memiliki muatan sehingga stabilitanya tidak terpengaruh oleh fluktuasi (Tartaro et al., 2020). Selain itu, surfaktan nonionik relatif aman karena toksitasnya yang rendah (Whiteley et al., 2024). Penggunaan formulasi surfaktan presisi yang menggabungkan tiga surfaktan dengan nilai HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*) yang berbeda ini telah terbukti secara ilmiah oleh penelitian Braja et al. (2022), pada minyak atsiri daun cengkeh yang melaporkan bahwa formulasi rasio surfaktan (Tween 20, Tween 80, dan Span 80) 98:1,5:0,5 menunjukkan stabilitas tinggi dengan nilai turbiditas yang rendah, yaitu 0,181±0,007 persen sebelum sentrifugasi dan 0,188±0,004 persen setelah sentrifugasi pada perbandingan minyak dengan surfaktan 10:90 dan mampu menghasilkan mikroemulsi hingga perbandingan minyak dengan surfaktan 22,5:77,5.

Selain surfaktan, stabilitas dan kualitas akhir mikroemulsi ditentukan oleh proses pengadukan yang berfungsi dalam homogenisasi campuran minyak, air dan surfaktan (Namira et al., 2021). Berbagai studi empiris membuktikan parameter pengadukan memengaruhi karakteristik mikroemulsi. Penelitian Pratama et al. (2023), menguji variasi kecepatan pengadukan (600-900 rpm) dan lama pengadukan (4-8 menit) pada mikroemulsi minyak atsiri cengkeh. Perlakuan terbaik diperoleh pada kecepatan 600 rpm selama 4 menit, yang menghasilkan ukuran partikel 11,3±2,5 nm serta indeks turbiditas 0,449±0,026 persen (setelah inkubasi 24 jam) dan 0,473±0,047 persen (setelah sentrifugasi). Sucitawati et al. (2021), memperkuat temuan ini melalui pengujian variasi lama pengadukan (4-10 menit) pada kecepatan konstan 700 rpm dalam formulasi mikroemulsi α-tokoferol. Pengadukan selama 4 menit memberikan hasil terbaik dengan indeks turbiditas 0,19 persen baik sebelum maupun sesudah sentrifugasi.

Selain faktor formulasi surfaktan dan pengadukan, stabilitas mikroemulsi juga dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH). Meskipun surfaktan non-ionik secara teoritis tidak terpengaruh oleh pH, Perubahan pH pada fase kontinu dapat mempengaruhi gaya elektrostatis (*disjoining stress*) antar droplet yang menyebabkan melemahnya gaya tolak-menolak yang mengakibatkan lapisan film pelindung rentan menipis dan pecah, sehingga mempercepat terjadinya koalesensi (Ho et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini mensubstitusi air dengan larutan *buffer* sitrat pada fase air dengan rentang pH 4,5-6,5 yang selaras dengan pH kulit (Sari et al., 2021). Pengaruh dari rentang pH ini terbukti pada Pratama et al. (2023), yang melaporkan pengujian dengan *buffer* sitrat variasi pH (4,5-6,5) berpengaruh terhadap kestabilan mikroemulsi dengan nilai indekss turbiditas (pH 4,5=0,296, pH 5,5= 0,371 dan pH 6,5=0,312) pada pengenceran 1:1. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Juliantara et al. (2023), pada pembuatan mikroemulsi minyak atsiri sirih melaporkan variasi pH sangat berpengaruh nyata terhadap kestabilan mikroemulsi dengan nilai indekss turbiditas terkecil pada pH 4,5 sebesar 0,276, sedangkan nilai indekss turbiditas tertinggi pada pH 6,5 sebesar 0,608 pada pengenceran 1:1.

Mengingat bahwa parameter kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan derajat keasaman (pH) pelarut parameter ini tidak bekerja secara parsial, namun berinteraksi secara kompleks dalam menentukan karakteristik mikroemulsi sehingga memerlukan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengidentifikasi kondisi optimum secara akurat. RSM menggabungkan teknik matematika dan statistika untuk memodelkan serta menganalisis respon yang dipengaruhi oleh berbagai faktor (Montgomery, 2017). Penelitian ini menerapkan model orde dua melalui rancangan *Box-Behnken Design* (BBD) untuk mengantisipasi sifat nonlinier atau kelengkungan pada respon. Rancangan BBD memberikan efisiensi tinggi karena memerlukan jumlah run yang lebih sedikit

dibandingkan *Central Composite Design* (CCD) (Montgomery, 2017). Melalui pemodelan ini, penelitian bertujuan menetapkan kombinasi kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan pH pelarut yang optimal guna menghasilkan karakteristik mikroemulsi minyak aroma vanila terbaik.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, aquades demineralisasi (DM), NaCl (KgaA), *plate count agar* (Merck) Tween 80 (Merck), Tween 20 (Merck), Span 80 (Merck), minyak aroma vanila (*Vanilla Body Iberchem*) yang diperoleh di toko Minyak Wangi Asli di Denpasar, *buffer* sitrat pH 4,5; 5,5; 6,5 dan pH optimal (Merck).

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, spektrofotometer (Genesys 10s UV-Vis), tabung reaksi (Iwaki), cawan vetri (Iwaki), viknometer 10 ml (Iwaki), timbangan analitik (Shimadzu), *laminar air flow* (Wina Airflow), autoclaf (GEA), vortex (Thermo Scientific), aluminium foil, *hot plate* (Thermo Scientific), termometer, buret (Pyrex), botol duran (Schott), gelas ukur (Iwaki), *centrifuge* (Centurion Scientific Centrifuge – K3 Series), botol pelastik 50 mL, kertas label, gelas beaker (Pyrex), pH meter (PH818), mikro pipet (MKV 02ALU), kuvet (Kuarsa Quartz), *magnetic stirrer*, dan *stopwatch*..

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan kecocokan model *Box-Behnken Design* (BBD) dengan tiga faktor, yaitu kecepatan pengadukan lama pengadukan dan pH pelarut. Masing-masing faktor terdiri dari tiga taraf (*level*), dan tiga titik pusat (*center point*) (Montgomery, 2017). Rancangan percobaan penelitian disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan rancangan kecocokan model BBD, variabel divariasikan menjadi 15 kode perlakuan dan dilakukan 2 kali ulangan sehingga diperoleh 30 unit percobaan.

Tabel 1. RSM dengan kecocokan model BBD pada proses pembuatan mikroemulsi

Variabel (X)	Kode	Taraf		
		-1	0	1
Kecepatan (rpm)	X_1	500	600	700
Lama (menit)	X_2	3	4	5
pH Pelarut	X_3	4,5	5,5	6,5

Hasil penelitian dianalisa menggunakan perangkat lunak Minitab 17. Hasil penelitian dilakukan uji ANOVA untuk menunjukkan pengaruh interaksi dan pengaruh kuadratik (Anwar et al., 2021). Jika p-*value* $\leq \alpha$ (0,05) maka nilai hasil penelitian berpengaruh signifikan terhadap model RSM (Montgomery, 2017). Dilakukan juga uji kesesuaian model dengan melihat *Lack-of-Fit* hasil analisis RSM dengan ketentuan jika p-*value* $\geq \alpha$ (0,05) maka model dapat diterima (Anwar et al., 2021). Data valid dianalisa persamaan regresinya untuk memprediksi nilai persentase transmitansi (T%) mikroemulsi terhadap tiga perlakuan yaitu kecepatan pengadukan, lama pengadukan dan pH pelarut. Perhitungan optimasi proses pembuatan mikroemulsi minyak aroma vanila menggunakan RSM dengan kecocokan model BBD.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_1 X_1^2 + \beta_2 X_2^2 + \beta_3 X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

Dimana Y adalah respon (persentase transmitansi). β_0 adalah konstanta. $\beta_{1,\,2,\,3}$ adalah koefesien

dari variabel bebas (X). X adalah variabel bebas dengan tanpa kode (kecepatan pengadukan (X_1) *level* 500, 600 dan 700 menit; lama pengadukan (X_2) *level* 3, 4 dan 5 menit; pH (X_3) *level* 4,5; 5,5 dan 6,5). Analisis data disajikan dalam bentuk grafik *contour plot* dan *response surface plot*. Uji d-*optimally* juga dilakukan untuk mengetahui nilai optimal pada kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan pH pelarut. Nilai *desirability* dilihat dengan ketentuan nilai *desirability* semakin mendekati nilai 1 maka nilai ketetapan optimasi semakin tinggi (Montgomery, 2017).

Setelah memperoleh kondisi optimal berdasarkan nilai d-*optimally*, tahap selanjutnya memverifikasi keakuratan program melalui validasi aktual. Proses validasi membandingkan hasil eksperimen langsung dengan nilai prediksi perlakuan optimal pada grafik d-*optimally*. Evaluasi kelayakan model menggunakan batas *Confidence Interval* (CI) 95%. Model valid apabila nilai pengujian aktual berada di dalam rentang CI 95%. Tahap ini juga menghitung persentase galat (*error* %) untuk mengukur tingkat simpangan data. *Error* % diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Error\ \% = \frac{|Nilai\ Prediksi - Nilai\ Aktual|}{Nilai\ Aktual} \times 100\%\ ADDIN\ CSL_CITATION\ \{"citationItems": [\{"id": "ITEM - 1", "itemData": \{"DOI": "10.5681/bi.2013.016", "abstract": "The present investigation was aimed to optimize the formulating proces/ Cholesterol (Chol) and dioleoyl phosphoethanolamine(DOPE)/DPPC molar ratios were selected as the independent variables. Particle size (PS) and Encapsulatio- encapsulated drug, dialysis method was used. Drug analysis was performed with a validated RP- HPLC method. Results: Using response surface methodology and based on the coefficient values/Chol molar ratio was the major contributing variable in particle size and EE %. The use of a statis/or interaction effects of influencing parameters in order to obtain liposomes with desired prope", "author": [\{"dropping-particle": "", "family": "Ghanbarzadeh", "given": "Saeed", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""\}, \{"dropping-particle": "", "family": "Valizadeh", "given": "Hadi", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""\}, \{"dropping-particle": "", "family": "Zakeri-milani", "given": "Parvin", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""\}], "container-title": "BioImpacts", "id": "ITEM-1", "issue": "2", "issued": \{"date-parts": [["2013"]]\}, "page": "75-81", "title": "Application of Response Surface Methodology in Development of Sirolimus Liposome- journal", "volume": "3"\}, "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=926424ba-4c6e-445f-8553-b74403be810a"]\}], "mendeley": \{"formattedCitation": "(Ghanbarzadeh et al., 2013)", "plainTextFo//github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json"\}(Ghanbarzadeh et al., 2013)$$

Nilai persentase galat yang rendah mengonfirmasikan keberhasilan model *Response Surface Methodology* (RSM) dalam memprediksi dan mengoptimasi parameter pembuatan mikroemulsi.

Pelaksanaan Penelitian

Pencampuran Surfaktan

Mikroemulsi dibuat dari tiga jenis surfaktan (Tween 20, Tween 80, Span 80) dengan perbandingan Tween 20 : Tween 80 : Span 80 = 98 : 1,5 : 0,5 perbandingan ini didasarkan oleh penelitian Braja et

al. (2022), yang menyatakan surfaktan dengan HLB tinggi cocok untuk pembuatan mikroemulsi m/a, selain itu Tween 20 (HLB = 16,7) memiliki kelarutan yang lebih baik karena memiliki polaritas yang sesuai dengan fase minyak dibandingkan dengan Tween 80 karena memiliki ekor hidrofobik yang lebih pendek (C12) sehingga berinteraksi lebih efisien dengan minyak.

Pencampuran Surfaktan

Mikroemulsi minyak aroma vanila dibuat dengan perbandingan surfaktan 85% dan minyak aroma vanila 15% dengan total larutan sebanyak 5 mL. Selanjutnya campuran surfaktan dan minyak aroma vanila dipanaskan menggunakan hot plate pada suhu 70°C±5°C. Kemudian campuran minyak aroma vanila dan surfaktan ditambahkan buffer sitrat sesuai dengan perlakuan dengan kecepatan tetes 0,1 mL/detik sebanyak 15 mL, serta diaduk dengan variasi kecepatan pengadukan, lama pengadukan yang telah ditentukan dengan menggunakan magnetic stirrer. Mikroemulsi yang terbentuk diamati secara visual setelah inkubasi 24 jam, ditandai dengan terbentuknya campuran transparan yang memiliki fase tunggal, tidak terbentuk gel dan apabila dikocok selama 1 menit tidak keruh serta tetap transparan (Suhendra et al., 2012).

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini terdiri dari nilai indeks turbiditas setelah inkubasi 24 jam (Cho et al., 2008), nilai persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam (Zukhruf et al., 2023), nilai persentase transmitansi (T%) setelah sentrifugasi (Suhendra et al., 2012), ukuran partikel (Rusdi, 2017), bobot jenis (g/mL) (Yuniarti et al., 2023) dan cemaran mikroba (koloni/ml) (Sari et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Indekss Turbiditas Mikroemulsi Setelah Inkubasi 24 jam

Penelitian yang dilakukan berdasarkan rancangan *Box-Behnken Design* (BBD) telah menghasilkan 15 hasil nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi setelah inkubasi 24 jam yang dilihat pada Tabel 3. Tabel 3. menunjukkan nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi minyak aroma vanila setelah inkubasi 24 jam pada semua perlakuan berkisar antara 0,036 ± 0,0081 - 0,175 ± 0,0065. Nilai ini, menunjukkan seluruh formulasi mikroemulsi yang dihasilkan pada berbagai variasi kecepatan (500-700 rpm), lama pengadukan (3-5 menit), dan pH pelarut (4,5-6,5) dapat menghasilkan mikroemulsi yang ditunjukan dengan nilai indeks turbiditas di bawah 1 % dan memiliki kenampakan yang transparan (Suhendra et al., 2012).

Nilai indeks turbiditas (%) yang rendah ini menunjukkan droplet yang terbentuk berada pada ukuran nanometer dan terdispersi secara homogen. Mikroemulsi secara teoritis merupakan sistem isotropik yang stabil secara termodinamika dengan ukuran partikel berkisar antara 10-100 nm, sehingga tidak menyebabkan hamburan cahaya yang signifikan sehingga secara visual terlihat jernih atau transparan (Gupta et al., 2016).

Tabel 3. Hasil nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi setelah inkubasi 24

Perlakuan	Variasi Perlakuan			Nilai indeks turbiditas (%)
	Kecepatan (rpm)	Lama (menit)	pH Pelarut	Inkubasi 24 jam
1	500	3	5.5	0,050 ± 0,0081
2	700	3	5.5	0,056 ± 0,0016
3	500	5	5.5	0,045 ± 0,0016
4	700	5	5.5	0,044 ± 0,0033
5	500	4	4.5	0,041 ± 0,0065
6	700	4	4.5	0,036 ± 0,0081
7	500	4	6.5	0,101 ± 0,0065

8	700	4	6.5	0,135 ± 0,0081
9	600	3	4.5	0,043 ± 0,0016
10	600	5	4.5	0,067 ± 0,0065
11	600	3	6.5	0,119 ± 0,0049
12	600	5	6.5	0,175 ± 0,0065
13	600	4	5.5	0,039 ± 0,0033
14	600	4	5.5	0,044 ± 0,0065
15	600	4	5.5	0,038 ± 0,0081

Analisis Respon

Pada proses optimasi mikroemulsi minyak aroma vanila, faktor yang digunakan yaitu kecepatan pengadukan (rpm), lama pengadukan (menit), dan pH pelarut. Ketiga faktor tersebut diinput dalam aplikasi Minitab 17, lalu diperoleh 15 perlakuan kondisi proses pembuatan mikroemulsi minyak aroma vanila. Dilakukan analisis respon berupa respon nilai transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam dan nilai transmitansi (T%) setelah sentrfugasi. Hasil analisis respon yang diperoleh digunakan untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan mikroemulsi minyak aroma vanila. Data analisis respon nilai transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam dan nilai transmitansi (T%) setelah inkubasi sentrifugasi hasil kombinasi ketiga faktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Respon perlakuan pada.mikroemulsi minyak aroma vanila

Perlakuan	Variasi Perlakuan			Nilai Transmitansi (T%) Setelah Inkubasi 24 jam	Nilai Transmitansi (T%) Setelah Sentrifugasi
	Kecepatan (rpm)	Lama (menit)	pH Pelarut		
1	500	3	5.5	95,2 ± 0,707	94,6 ± 0,556
2	700	3	5.5	94,6 ± 0,424	94,5 ± 0,071
3	500	5	5.5	95,6 ± 0,283	95,7 ± 0,556
4	700	5	5.5	95,7 ± 0,283	95,5 ± 0,495
5	500	4	4.5	96,1 ± 0,778	96,6 ± 0,495
6	700	4	4.5	96,5 ± 0,778	97,1 ± 0,354
7	500	4	6.5	90,4 ± 0,636	89,7 ± 0,212
8	700	4	6.5	87,4 ± 0,778	88,1 ± 0,495
9	600	3	4.5	95,8 ± 0,212	95,6 ± 0,495
10	600	5	4.5	93,7 ± 0,424	93,4 ± 0,071
11	600	3	6.5	88,6 ± 0,283	88,6 ± 0,141
12	600	5	6.5	83,6 ± 0,141	82,0 ±0,000
13	600	4	5.5	96,1 ± 0,424	96,5 ± 0,424
14	600	4	5.5	95,8 ± 0,556	94,6 ± 0,556
15	600	4	5.5	96,2 ± 0,707	94,5 ± 0,071

Analisis respon diimplementasikan untuk mengeksplorasi hubungan antar variabel, yaitu kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan pH pelarut terhadap nilai transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam dan nilai transmitansi (T%) setelah sentrifugasi. Hasil rancangan BBD dari masing-masing respon dianalisis untuk menentukan pengaruh antar faktor dan kesesuaian model.

Nilai Persentase Transmitansi Setelah Inkubasi 24 jam

Secara teoritis, nilai persentase transmitansi (T%) berbanding terbalik dengan tingkat kekeruhan atau nilai turbiditas dalam sistem. Semakin kecil ukuran droplet dan semakin homogen distribusinya, maka semakin tinggi nilai transmitansi yang dihasilkan karena cahaya lebih mudah diteruskan tanpa hamburan yang signifikan (Putri et al., 2025). Sampel diinkubasi selama 24 jam bertujuan untuk memastikan kesetimbangan sistem. Berdasarkan hasil pada Tabel 4, persentase transmitansi (T%) mikroemulsi setelah inkubasi 24 jam berkisar antara 83,6% pada perlakuan KLA 12 hingga 98,5% pada perlakuan KLA 14. Secara umum, sistem dengan nilai transmitansi di atas 90% dikategorikan memiliki tingkat kejernihan yang baik dan konsisten dengan karakteristik mikroemulsi yang transparan (Priani et al., 2018). Beberapa perlakuan dengan nilai transmitansi yang lebih rendah mengindikasikan kemungkinan terbentuknya ukuran droplet yang sedikit lebih besar atau distribusi ukuran yang kurang homogen.

Hasil analisis statistik presentase transmitansi setelah inkubasi 24 jam dengan menggunakan RSM dengan kecocokan model BBD diperoleh persamaan:

$$Y = -41{,}5 - 0{,}0469\,X_1 + 13{,}90\,X_2 + 49{,}95\,X_3 + 0{,}000069\,X_1^2 - 1{,}448\,X_2^2 - 4.173\,X_3^2 + 0{,}00175\,X_1\,X_2 - 0{,}00850\,X_1\,X_3 - 0{,}737\,X_2\,X_3$$

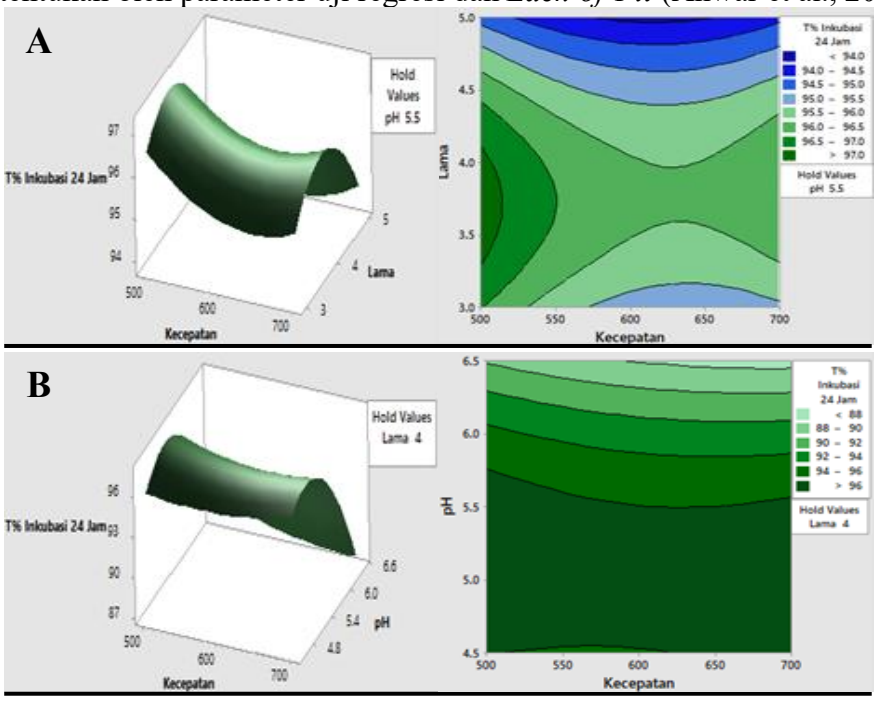
Persamaan RSM menunjukkan bahwa pH pelarut mempunyai pengaruh yang terbesar terhadap hasil persentase transmitansi (T%) mikroemulsi minyak aroma vanila setelah inkuasi 24 jam. Hal ini dilihat dari koefesien pH (X_3) yang mempunyai nilai terbesar diikuti oleh lama pengadukan (X_2) dan kecepatan pengadukan (X_1). Persentase transmitansi (T%) mikroemulsi minyak aroma vanila lebih banyak dipengaruhi oleh pH pelarut dibandingkan dengan pengaruh kecepatan pengadukan maupun lama pengadukan. Perhitungan statistik juga menunjukkan bahwa R^2 = 94,34 %; dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa 94,34% merupakan pengaruh dari faktor-faktor perlakuan dan 5,66 % berasal dari faktor-faktor di luar perlakuan yang diamati.

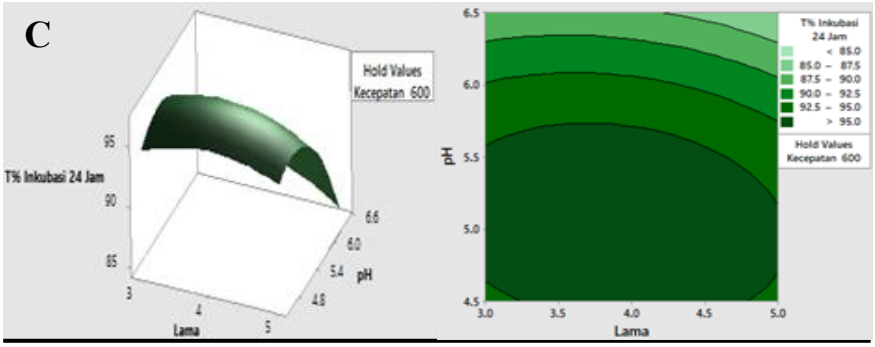
Tabel 5. Analisis ANOVA persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam

Sumber	*p-value*

Model		0,000
Linear		0,000
	Kecepatan	0,196
	Lama	0,023
	pH	0,000
Kuadrat		0,000
	Kecepatan*Kecepatan	0,122
	Lama*Lama	0,003
	pH*pH	0,000
Interaksi 2 arah		0,083
	Kecepatan*Lama	0,674
	Kecepatan*pH	0,051
	Lama*pH	0,087
Galat		
	Ketidacocokan Model	0,053

Hasil uji ANOVA pada Tabel 5, menunjukkan nilai p-*value* < 0,01 untuk orde pertama dan kedua. Nilai ini menegaskan bahwa penggunaan model orde dua pada pendekatan RSM sangat signifikan. Variabel pH pelarut, kuadrat lama pengadukan, dan kuadrat pH pelarut memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap model (p-*value* ≤ 0,01). Sementara itu, parameter lama pengadukan menunjukkan pengaruh yang signifikan (p−*value* ≤ 0,05). Hasil uji ketidakcocokan (*Lack-of-Fit*) menghasilkan nilai p-*value* > 0,05 yang menolak ketidakcocokan model dan mengonfirmasi validitas persamaan orde dua. Validitas ini menegaskan kemampuan persamaan RSM dalam memprediksi respon secara akurat, karena kelayakan sebuah model sangat ditentukan oleh parameter uji regresi dan *Lack-of-Fit* (Anwar et al., 2021).





Gambar 1. *Response surface plot* dan *countour plot* persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam mikroemulsi minyak aroma vanila

Gambar 1, menunjukkan bahwa grafik *response surface plot* dan *counter plot* pada persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam mempunyai bentuk maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan orde dua dari RSM mempunyai nilai maksimum pada masing-masing perlakuan yaitu kecepatan pengadukan, lama pengadukan dan pH pelarut. Nilai maksimum diperoleh pada kondisi masing-masing perlakuan pada *level* 0.

Gambar 1A, menunjukkan bahwa persentase transmitansi (T%) maksimum (96,5 %-97,0% lebih) pada rentang kecepatan pengadukan 500-550 rpm dan lama pengadukan sekitar 3,5-4 menit dengan pH pelarut tetap 5,5. Namun, lama pengadukan ditingkatkan mendekati 5 menit dengan berbagai variasi kecepatan, nilai persentase transmitansi (T%) cenderung menurun secara signifikan T%<94,0%. Begitu juga terjadi pada peningkatan kecepatan pengadukan. Hal ini disebabkan karena lama pengadukan dan kecepatan pengadukan yang berlebih meberikan energi kinetik yang berlebih kedalam sistem sehinga memicu peningkatan frekuensi tumbukan antar droplet yang mengakibatkan koalesensi (Dewi, 2010). Selain itu menurut Pratama et al. (2023), menjelaskan semakin lama waktu pengadukan dan semakin tinggi kecepatannya menyebabkan suhu meningkat, sehingga air pada campuran mikroemulsi mengalami penyusutan sehingga mikroemulsi yang dihasilkan menjadi keruh.

Gambar 1B menunjukkan nilai persentase transmitansi (T%) maksimum pada rentang pH pelarut 4,5 hingga mendekati 6 pada lama pengadukan tetap 4 menit. Nilai persentase transmitansi (T%) menurun seiring peningkatan pH menuju 6,5. Pada rentang pH agak asam, derajat hidrasi molekul surfaktan mencapai kondisi optimal. Sebaliknya, pH mendekati netral memicu perubahan polaritas yang mengganggu keseimbangan *Hydrophilic-Lipophilic Difference* (HLD) berujung pada koalesensi (Ho et al., 2022). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wirayudha et al. (2025) begitu juga dengan penelitian Putra et al. (2025) yang menunjukkan pada pengujian mikroemulsi dengan pengenceran menggunakan *buffer* sitrat (pH 4,5; 5,5; 6,5) persentase transmitansi (T%) menurun seiring peningkatan pH.

Gambar 1C menunjukkan persentase transmitansi (T%) maksimum pada rentang pH 4,5-5,5 dan lama pengadukan sekitar 3,3-4,7 menit. Fluktuasi ketidakstabilan memuncak pada kondisi pH mendekati 6,5, di mana nilai transmitansi menurun. Kurangnya afinitas hidrasi molekul surfaktan pada pH tinggi mempercepat laju koalesensi. Faktor pH memiliki pengaruh dominan dalam menentukan karakteristik mikroemulsi dibandingkan faktor kecepatan dan lama pengadukan. Pada rentang pH ideal, lapisan film terbentuk stabil. Jika pH dinaikkan mendekati pH 6,5, nilai persentase transmitansi (T%) tetap rendah. Tanpa kondisi pH yang tepat, input energi mekanik tidak dapat mempertahankan struktur termodinamika mikroemulsi stabil.

Nilai Persentase Transmitansi Setelah Sentrifugasi

Sentrifugasi dalam hal ini berfungsi sebagai uji percepatan untuk mengevaluasi potensi ketidakstabilan seperti koalesensi, flokulasi, atau pemisahan fase akibat gaya sentrifugal. Berdasarkan hasil pada Tabel 4, persentase transmitansi (T%) mikroemulsi setelah sentrifugasi berada pada rentang 82,0% hingga 97,1%. nilai transmitansi yang tetap atau tidak jauh berbeda setelah perlakuan sentrifugasi menunjukkan bahwa siste memiliki kestabilan fisik yang cukup baik terhadap gaya sentrifugal.

Beberapa perlakuan yang mengalami peningkatan nilai transmitansi setelah sentrifugasi, yang mengindikasikan bahwa proses pembuatan mikroemulsi belum optimal, sehingga gaya sentrifugal membantu penyempurnaan sistem dengan memperbaiki distribusi droplet sehingga sistem menjadi lebih homogen dan jernih (Azimi-Boulali et al., 2020). Selain itu, peningkatan nilai persentase transmitansi (T%) ini mengindikasikan partikel yang memiliki berat molekul besar mengendap menjadi pelet akibat gaya sentrifugal (Sutardianie et al., 2023). Sebaliknya, beberapa perlakuan menunjukkan penurunan nilai persentase transmitansi. Gaya sentrifugal dapat memicu koalesensi, yang berujung pada peningkatan hamburan cahaya akibat ukuran droplet yang membesar dan penurunan nilai persentase transmitansi (T%) (Pratama et al., 2023).

Analisis statistik presentase transmitansi setelah sentrifugasi dengan menggunakan RSM dengan kecocokan model BBD diperoleh persamaan:

$$Y = -39{,}0 - 0{,}0930\,X_1 + 20{,}90\,X_2 + 49{,}11\,X_3 + 0{,}000101\,X_1^2 - 1{,}942\,X_2^2 - 4{,}167\,X_3^2 + 0{,}00025\,X_1\,X_2 - 0{,}00525\,X_1\,X_3 - 1{,}100\,X_2\,X_3$$

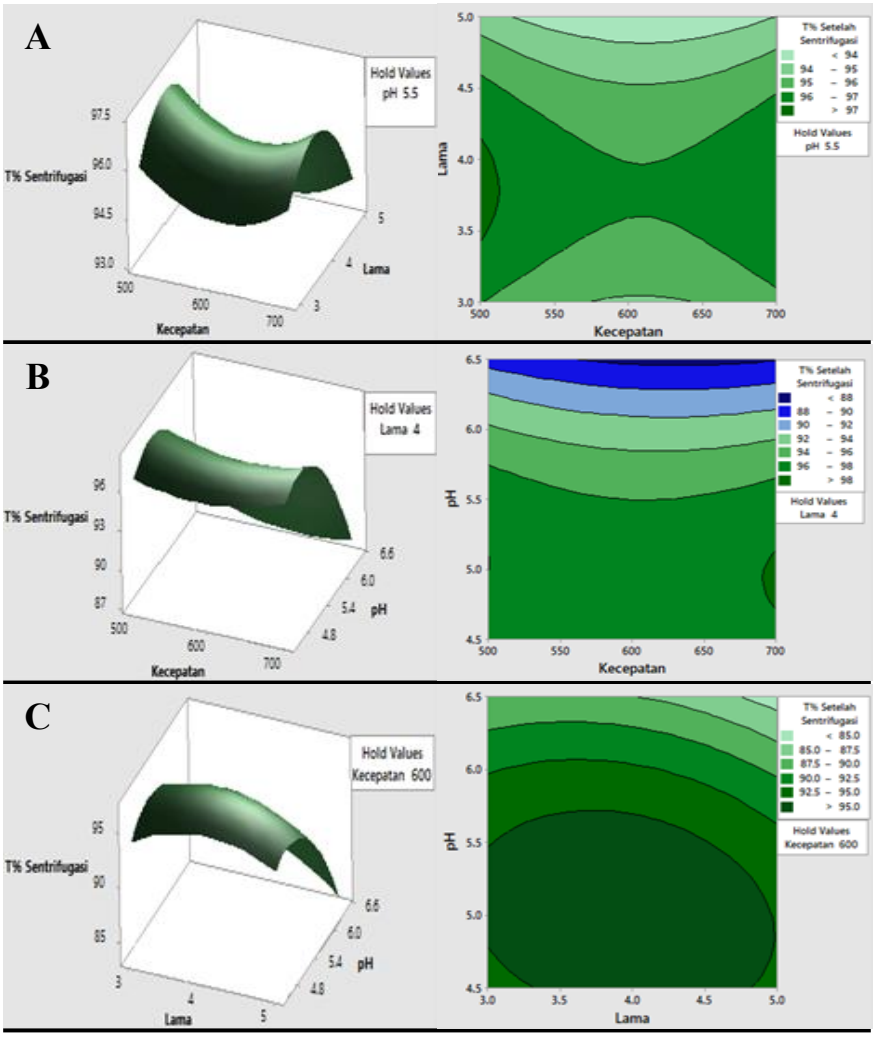
Persamaan RSM menunjukkan bahwa pH pelarut mempunyai pengaruh yang terbesar terhadap hasil persentase transmitansi (T%) mikroemulsi minyak aroma vanila setelah sentrifugasi. Hal ini dilihat dari koefesien pH (X_3) yang mempunyai nilai terbesar diikuti oleh lama pengadukan (X_2) dan kecepatan pengadukan (X_1). Perhitungan statistik juga menunjukkan bahwa R^2 = 92,93 %; dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa 92,93% merupakan pengaruh dari faktor-faktor perlakuan dan 7,07 % berasal dari faktor-faktor di luar perlakuan yang diamati.

Tabel 6. Analisis ANOVA persentase transmitansi (T%) setelah sentrifugasi

Sumber	*p-value*
Model	0,000
Linear	0,000
Kecepatan	0,585
Lama	0,023
pH	0,000
Kuadrat	0,000
Kecepatan*Kecepatan	0,057
Lama*Lama	0,001
pH*pH	0,000
Interaksi 2 arah	0,125
Kecepatan*Lama	0,959
Kecepatan*pH	0,286
Lama*pH	0,033
Galat	
Ketidakcocokan model	0,052

Hasil uji ANOVA pada Tabel 6, menunjukkan bahwa nilai model p-*value* < (0,01) untuk orde pertama dan orde dua. Dengan demikian, penggunaan persamaan orde dua RSM adalah sangat signifikan. Selain itu, uji ANOVA juga menunjukkan bahwa pH pelarut, kuadran lama pengadukan, dan kuadran pH pelarut memiliki p-*value* ≤ (0,01) serta lama pengadukan dan interaksi lama pengadukan dengan pH pelarut memiliki p−*value* ≤ (0,05)

yang berarti pH pelarut, kuadran lama pengadukan, dan kuadran pH pelarut sangat berpengaruh sangat signifikan terhadap model RSM serta lama pengadukan dan interaksi lama pengadukan dengan pH pelarut berpengaruh signifikan terhadap model RSM. Pengujian untuk ketidakcocokan (*Lack-of-Fit*) model yang diperoleh adalah p-*value* > 0,05, yang berarti ketidakcocokan model orde dua ditolak. Dengan demikian, persamaan model orde dua yang ditunjukkan pada respon ini juga valid.



Gambar 2. *Response surface plot* dan *countour plot* persentase transmitansi (T%) setelah sentrifugasi mikroemulsi minyak aroma vanila

Gambar 2 menunjukkan bahwa grafik *response surface plot* dan counter plot pada persentase transmitansi (T%) setelah sentrifugasi mikroemulsi minyak aroma vanila mempunyai bentuk maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan orde dua dari RSM mempunyai nilai maksimum pada masing-masing perlakuan yaitu kecepatan pengadukan, lama pengadukan dan pH pelarut. Nilai maksimum diperoleh pada kondisi masing-masing perlakuan pada *level* 0.

Gambar 2A menunjukkan nilai persentase transmitansi (T%) maksimum setelah sentrifugasi diperoleh pada rentang kecepatan pengadukan 500 rpm dan lama pengadukan sekitar 3,5-4 menit serta menyebar pada kecepatan hingga 700 rpm dengan lama pengadukan 4-4,5 menit dengan pH

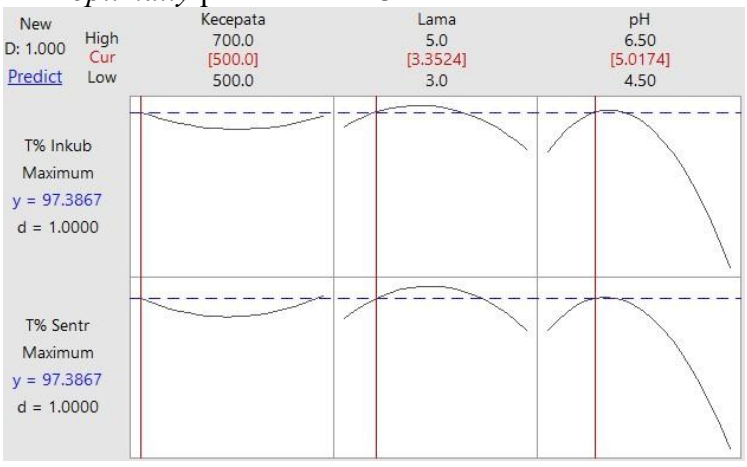
pelarut tetap 5,5. Lama pengadukan mendekati 5 menit atau 3 menit mengakibatkan penurunan nilai persentase transmitansi (T%). Munculnya area nilai maksimum pada kecepatan 700 rpm setelah sentrifugasi mengindikasikan dua kemungkinan. pertama terjadi penyempurnaan dispersi karena gaya sentrifugal menyempurnakan pemecahan droplet (Azimi-Boulali et al., 2020). Kedua, partikel besar mengendap menjadi pelet akibat gaya sentrifugal (Sutardianie et al., 2023). Sebaliknya, penurunan nilai transmitansi setelah sentrifugasi menjadi indikator ketidakstabilan kinetik, di mana gaya sentrifugal memicu koalesensi yang memperbesar ukuran droplet (Pratama et al., 2023).

Gambar 2B menunjukan nilai transmitansi maksimum tercapai secara konsisten pada rentang pH asam (4,5 hingga mendekati 5,5) untuk seluruh variasi kecepatan pengadukan pada lama pengadukan tetap 4 menit. Nilai batas maksimum setelah sentrifugasi ini lebih besar dibandingkan nilai inkubasi 24 jam. Peningkatan kejernihan ini menunjukan gaya sentrifugal mengendapkan sebagian droplet makro yang tidak stabil dan menyisakan mikroemulsi murni berukuran nano. Penurunan nilai transmitansi ketika pH mendekati 6,5 mengidikasikan interaksi senyawa kompleks dalam minyak aroma vanila mengganggu keseimbangan Hydrophilic-Lipophilic Difference (HLD) menyebabkan lapisan film tidak stabil, sehingga gaya sentrifugal memicu terjadinya koalesensi.

Gambar 2C, Menunjukan interaksi antara pH dan lama pengadukan pada kecepatan konstan 600 rpm setelah sentrifugasi. Sejalan dengan pengujian inkubasi 24 jam, nilai transmitansi optimal dengan nilai di atas 95,0% tetap terkonsentrasi di area pH rendah (4,5–5,5) pada hampir seluruh rentang durasi pengadukan antara 3 hingga mendekati 5 menit. Hasil nilai yang sejalan ini menunjukan ketahanan dari mikroemulsi selama lingkungan asamnya sesuai.

Optimasi dan Validasi

Optimasi merupakan tahapan penting dalam penelitian berbasis Resfonse Surface Methodology (RSM). Pendekatan *desirability function* digunakan untuk mengintegrasikan beberapa respon sehingga dapat ditentukan kondisi optimum. Nilai *desirability* (d) berada pada rentang 0 sampai 1, dimana nilai yang mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap kriteria (Montgomery, 2017). Setiap variabel independen dianalisis pengaruhnya terhadap respon sehingga diperoleh kombinasi kondisi yang optimal. Visualisasi hubungan antara variabel dan respon ditunjukkan pada grafik d-*optimally* pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik *d-optimally* RSM

Berdasarkan Gambar 3, kondisi optimum diperoleh pada kecepatan 500 rpm, lama pengadukan 3,35 menit, dan pH 5,02 dengan nilai *desirability* sebesar 1,000. Pada kondisi ini, nilai prediksi persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam dan sentrifugasi masing-masing sebesar 97,4.

Bentuk kurva melengkung menunjukkan pengaruh signifikan dari interaksi dan kuadratik variabel terhadap respon sesuai karakteristik RSM orde dua (Montgomery, 2017). Hasil optimasi model RSM memerlukan validasi secara langsung. Uji validasi dilakukan dengan empat ulangan sesuai perlakuan yang diprediksi model dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Validasi prediksi *d-optimally*

Respon	T% Optimal (Aktual)	T% Optimal (Prediksi)	*Error* %	CI 95% (T%)
Setelah Inkubasi 24 Jam	97,6 ± 0,058	97,4	0,20	96,1 - 98,6
Setelah Sentrifugasi	97,6 ± 0,129	97,4	0,20	95,9 - 98,9

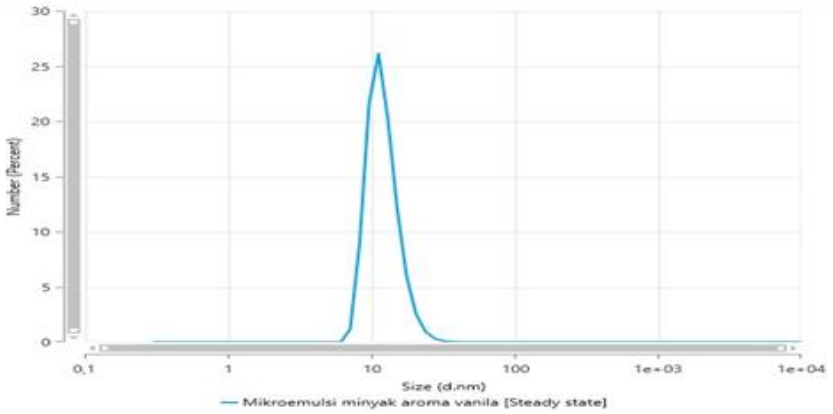
Tabel 6 menunjukkan hasil validasi model dengan membandingkan nilai aktual dengan nilai prediksi. Diperoleh nilai persen *Error* 0,20% untuk kedua respon yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik. Nilai eksperimen berada dalam *confidence interval* 95%, yaitu 96,1-98,6 untuk persentase transmisi setelah inkubasi 24 jam dan 95,9-98,9 setelah sentrifugasi. Hasil ini mengindikasikan model memiliki akurasi dan reliabilitas yang baik. Menurut Prabudi et al. (2018), model RSM dapat diaplikasikan jika nilai hasil eksperimen berada dalam rentang CI 95%. Selain itu Hidayat et al. (2021), juga menyatakan nilai persentase *prediction error* < 4 % dapat diterima dan berarti metode yang digunakan adalah metode yang tepat untuk melakukan analisa terhadap penelitian yang dilakukan.

Ukuran Partikel

Dari hasil Pengukuran *Particle Size Analyzer* (PSA) pada mikroemusi minyak aroma vanila dengan perlakuan optimal menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan yaitu 12,24±3,276 nm dengan ukuran *droplet* terbanyak yaitu 11,23 nm. Hasil pengujian ukuran partikel menunjukkan bahwa larutan terdispersi adalah mikroemulsi karena nilainya berada pada rentang 10 nm - 100 nm (Gupta et al., 2016). Tabel hasil analisis stabilitas ukuran partikel mikroemulsi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Ukuran partikel mikroemulsi minyak aroma vanila

Peak No.	PI	S.P Area Ratio (%)	Mean	S.D	Mode
1	0,24	100	12,24 nm	3,276 nm	11,23 nm
Total	0,24	100	12,24 nm	3,276 nm	11,23 nm



Gambar 3. Grafik distribusi ukuran partikel mikroemulsi minyak aroma vanila

Gambar 3 menunjukkan grafik distribusi ukuran partikel mikroemulsi dengan puncak intensitas partikel sekitar 12 nm. Kurva yang menyempit menunjukkan pola distribusi yang hampir sama dan simetris menandakan partikel tersebar seragam (*monodispers*) dan stabil. Pada hasil uji PSA menunjukkan nilai polidispersitas indeks (PI) sebesar 0,24 yang menunjukkan distribusi partikel yang seragam. Penelitian Wulandari (2017), menyebutkan ukuran partikel seragam memiliki nilai PI 0,1-

0,25, sedangkan distribusi tidak seragam memiliki nilai PI lebih dari 0,5. Hal ini juga dijelaskan pada penelitian Danaei et al. (2018), yang menyatakan PI dibawah 0,3 menunjukkan distribusi ukuran partikel yang seragam dan homogen untuk formulasi pembawa obat berbasis lipid.

Bobot Jenis

Pengujian bobot jenis pada penelitian ini dilakukan terhadap sampel mikroemulsi minyak aroma vanila yang diformulasikan menggunakan perlakuan yang optimal berdasarkan kombinasi kecepatan, lama pengadukan dan pH pelarut. Hasil pengujian bobot jenis yang dilakukan dengan dua kali ulangan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai bobot jenis pada mikroemulsi minyak aroma vanila

Sampel	Bobot Jenis (g/mL)	Syarat SNI 16-4949-1998 (g/mL)	Keterangan
Mikroemulsi Minyak Aroma Vanila Optimal	1,05 ± 0,0005	0,70 – 1,20	Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 8, hasil pengujian bobot jenis pada sampel mikroemulsi dengan perlakuan optimal menunjukkan nilai sebesar 1,05 ± 0,0005 g/mL. Hasil ini menunjukkan sediaan mikroemulsi telah memenuhi standar kualitas SNI 16-4949-1998 tentang sediaan *eau de cologne, eau de toilette,* dan *eau de parfum* yang mensyaratkan nilai bobot jenis berada pada rentang 0,70 - 1,20 g/mL. Nilai bobot jenis sedikit lebih tinggi dari bobot jenis air yaitu sekitar 1,00 g/mL (Ridwan et al., 2022), kemungkinan besar disebabkan oleh penambahan surfaktan. Surfaktan memiliki bobot jenis yang lebih besar daripada air, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan bobot jenis total sediaan (Rowe et al., 2009). Selain itu bahan *buffer* sitrat kemungkinan juga mempengaruhi peningkatan bobot jenis sediaan.

Cemaran Mikroba

Pengujian cemaran mikroba pada penelitian ini dilakukan terhadap sampel mikroemulsi minyak aroma vanila yang diformulasikan menggunakan perlakuan yang optimal berdasarkan kombinasi kecepatan, lama pengadukan dan pH pelarut. Hasil pengujian cemaran mikroba yang dilakukan dengan dua kali ulangan dimana setiap ulangan terdapat *duplo* yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Hasil uji cemaran mikroba pada mikroemulsi minyak aroma vanila

Sampel	Jumlah (Koloni/mL)	Syarat SNI 16-4949-1998 (Koloni/mL)	Keterangan
Mikroemulsi Minyak Aroma Vanila Optimal	$1{,}5\times10^3 \pm 0{,}58\times10^3$	$\leq 10^5$	Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 9, angka lempeng total (ALT) pada sampel mikroemulsi minyak aroma vanila yaitu sebanyak 1,50 x 10^3 ± $0{,}58\times10^3$ koloni/ml. Produk tersebut memenuhi regulasi SNI 16-4949-1998, yang menetapkan batas maksimum cemaran mikroba sebesar 10^5 koloni/mL. Batasan ini ditetapkan karena keberadaan mikroorganisme dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan risiko kesehatan. Produk kosmetik umumnya bersentuhan langsung dengan tubuh, sehingga mikroorganisme patogen berpotensi memicu berbagai gangguan kesehatan, seperti infeksi pada saluran pencernaan, mata, serta kulit (Wenas et al., 2020).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan derajat keasaman (pH) pelarut secara simultan memberikan pengaruh terhadap karakteristik mikroemulsi minyak aroma vanila. Faktor pH memberikan pengaruh yang paling dominan dan sangat signifikan ($p < 0,01$) terhadap nilai persentase transmitansi (T%), diikuti oleh faktor lama pengadukan ($p < 0,05$). Peningkatan pH pelarut mendekati 6,5 secara drastis menurunkan nilai persentase transmitansi (T%) mikroemulsi, sementara lama pengadukan yang teralu lama dapat memicu penurunan stabilitas akibat *over processing*. Secara keseluruhan, seluruh kombinasi perlakuan tetap menghasilkan sediaan yang transparan dengan ideks turbiditas di bawah 1%.

Kondisi yang optimal dalam pembuatan mikroemulsi minyak aroma vanila menggunakan pemodelan *Response Surface Methodology* (RSM) tercapai pada perlakuan kecepatan pengadukan 500 rpm, lama pengadukan 3,35 menit, dan pH 5,01. Berdasarkan uji validasi, model RSM ini terbukti valid dan akurat dengan persen *Error* kecil yaitu 0,20 %. Pada kondisi aktual, diperoleh mikroemulsi dengan nilai persentase transmitansi (T%) setelah inkubasi 24 jam 97,6 ± 0,058 % dan setelah sentrifugasi 97,6 ± 0,129, hasil ini masih berada di dalam confidence Interval (CI) 95%. Formulasi optimal ini juga memiliki ukuran partikel sebesar 12,24±3,276 nm, serta telah memenuhi beberapa syarat mutu sediaan eau de cologne (SNI-4949-1998) dengan nilai bobot jenis 1,05 ± 0,0005 g/mL dan cemaran mikroba 1,50 ×103 ± 0,58×103 koloni/ml.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan untuk mengembangkan parameter optimasi dengan melibatkan faktor lain seperti suhu, kosentrasi minyak dan penambahan ko-surfaktan. Agar karakteristik mikroemulsi yang diperoleh lebih optimal baik dari segi kestabilan maupun pengaplikasian.

DAFTAR PUSTAKA

Adli, K. N., dan Pramudono, B. 2015. Studi campuran surfactant untuk menentukan fungsi solubilizer dan fixative pada industri parfum. *Jurnal MIPA*, 38(1), 57–67. https://doi.org/10.15294/ijmns.v38i1.5487

Anwar, K., Istiqamah, F., dan Hadi, S. 2021. optimasi suhu dan waktu ekstraksi akar pasak bumi (*Eurycoma longifolia* jack.) menggunakan metode RSM (response surface methodology) dengan pelarut etanol 70 %. *Jurnal Pharmascience*, 8(1), 53–64. https://dx.doi.org/10.20527/jps.v8i1.9085

Ardhaningswari, N. K. M., Suhendra, L., dan Wrasiati, L. P. 2023. Pengaruh rasio campuran surfaktan dan rasio campuran surfaktan dengan minyak atsiri kenanga (*Cananga odorata*) terhadap karakteristik mikroemulsi sebagai *body mist*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri,* 11(2), 186–196. https://doi.org/10.24843/JRMA.2023.v11.i02.p02

Arya, S. S., Rookes, J. E., Cahill, D. M., and Lenka, S. K. 2021. Vanillin : A review on the therapeutic prospects of a popular flavouring molecule. *Advances in Traditional Medicine*, 21(3), 415–431. https://doi.org/10.1007/s13596-020-00531-w

Azimi-Boulali, J., Madadelahi, M., Madou, M. J., and Martinez-Chapa, S. O. 2020. Droplet and particle generation on centrifugal microfluidic platforms : A Review. *Micromachines*, 11(6), 1–34. https://doi.org/10.3390/mi11060603

Badan Standardisasi Nasional. 1998. Sediaan *eau de cologne, eau de toilette, eau de parfum* (SNI 16-4949-1998). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Barel, A. O., Paye, M., and Maibach, H. I. 2014. *Cosmetic Science and Technology* (4th ed). New York: CRC Press.

Braja, I. W. R. S., Permana, I. D. G. M., and Suhendra, L. 2022. Formulation and Stability of Clove Leaf (*Syzygium aromaticum* L.) Essential Oil Microemulsion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(09), 197–211. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2022.1109.023

Chairunnisa, M., Kusala, K. V., Lestari, U. P., Fatoni, R., dan Harismah, K. 2023. Pembuatan dan evaluasi parfum *eau de toilette* dari minyak nilam (*Pogostemon cablin*) dan adas (*Foeniculum vulgare*) dengan wewangian buah. *Simposium Nasional Rancangan Aplikasi Perancangan Dan Industri*, 21(1), 301–306. https://proceedings.ums.ac.id/rapi/article/view/3515

Cho, Y. H., Kim, S., Bae, E. K., Mok, C. K., and Park, J. 2008. Formulation of a cosurfactant-free o/w microemulsion using nonionic surfactant mixtures. *Journal of Food Science*, 73(3), 115–121. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00688.x

Dewi, R. K. 2010. Optimasi formulasi Mikroemulsi Sediaan Hormon testosteron Undekanoat. Skripsi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia.

Ghanbarzadeh, S., Valizadeh, H., and Zakeri-milani, P. 2013. Application of response surface methodology in development of sirolimus liposomes prepared by thin film hydration technique. *BioImpacts*, *3*(2), 75–81. https://doi.org/10.5681/bi.2013.016

Gupta, A., Eral, H. B., Hatton, T. A., and Doyle, P. S. 2016. Nanoemulsions: Formation, properties and applications. *Soft Matter*, 12(11), 2826–2841. https://doi.org/10.1039/c5sm02958a

Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., dan Sopyan, I. 2021. Design-expert software s ebagai alat optimasi formulasi sediaan farmasi. *Majalah Farmasetika*, *6*(1), 99–120. https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i1.27842

Ho, T. M., Razzaghi, A., Ramachandran, A., and Mikkonen, K. S. 2022. Emulsion characterization via microfluidic devices : A review on interfacial tension and stability to coalescence. *Advances in Colloid and Interface Science*, 299(1), 102541. https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102541

Juliantara, I. P. E., Suhendra, L., dan Anggreni, A. A. M. D. 2023. Karakteristik mikroemulsi minyak atsiri sirih (*Piper betle* L) pada lama pengadukan dan suhu. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(3), 341–350. https://doi.org/10.24843/JRMA.2023.v11.i03.p02

Montgomery, D. C. 2017. *Design and analysis of experiment* (9th ed). Hoboken: John Wiley & Sons, Icn.

Namira, Z. R., Paramita, V., and Kusumayanti, H. 2021. The effect of rotational speed of homogenization on emulsion results obtained using soy lecithin emulsifier. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3(1), 14–17. https://doi.org/10.14710/jvsar.v3i1.10916

Prabudi, M., Nurtama, B., dan Purnomo, E. H. 2018. Aplikasi response surface methodology (RSM) dengan historical data pada optimasi proses produksi burger. *Jurnal Mutu Pangan*, *5*(2), 109–115. https://journal.ipb.ac.id/jmpi/article/view/26230

Prasanta, I. P. H. A., Suhendra, L., dan Wrasiati, L. P. 2021. Karakteristik mikroemulsi minyak daun sirih (Piper betle L .) pada perlakuan rasio campuran surfaktan dan minyak daun sirih. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(4), 582–591.

Pratama, I. W. M., Suhendra, L., dan Wartini, N. M. 2023. Pengaruh kecepatan dan lama pengadukan terhadap karakteristik mikroemulsi minyak atsiri cengkeh (Syzygium aromaticum). *Jurnal*

Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri, 11(2), 251–261. https://doi.org/10.24843/JRMA.2023.v11.i02.p08

Priani, S. E., Dewi, W. K., dan Gadri, A. 2018. Formulasi sediaan mikroemulsi gel anti jerawat mengandung kombinasi minyak jinten hitam (*Nigella sativa* L .) dan minyak zaitun (*Olea europaea* L .). *Kartika: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 6(2), 57–64. https://doi.org/10.26874/kjif.v6i2.143

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2024. *Outlook komoditas vanili 2024*. Seketariat Jendral Kementerian Pertanian.

Putra, A. A. G. S. P., Suhendra, L., dan Anggreni, A. A. M. D. 2025. Stabilitas dan ukuran partikel mikroemulsi minyak atsiri sereh (*Cymbopogon citratus*) dengan rasio surfaktan dan ko-surfaktan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 13(2), 196–204. https://doi.org/10.24843/JRMA.2025.v13.i02.p05

Putri, S. A. F., Budipratama, A., Akbar, R., Rahayu, S., dan Yuwanda, A. 2025. Formulasi dan optimasi SNEDDS ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) dan uji aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli*. *Journal of Global Pharmacy Research (JGPR)*, 1(2), 47–55. https://doi.org/10.56904/jgpr.v1i02.171

Ridwan, G., Kurniasari, E., dan Aminuddin, M. I. 2022. Pengembangan alat praktikum penentuan densitas zat cair berbasis *software logger pro*. *Navigation Physics : Journal of Physics Education*, 4(1), 1–10. https://doi.org/10.30998/npjpe.v4i1.1009

Rusdi, M. 2017. Karakteristik ukuran partikel dan indeks polidispersitas formulasi nanoemulsi pewarna alam ekstrak kayu secang (*Caesalpinia sappan* L). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 5(2), 114–127. https://doi.org/10.36084/jpt..v5i2.132

Sari, D. Y., Ariansyah, S., Shinta, S., and Beniardi, W. 2021. Face tonic formulation from ethanol extract of *Maranta arundinacea* L. With variety of cosolvent and surfactant: Propylene glycol and polysorbate 80. *Proceeding of 27th International Conference ADRI*, 34–39. https://doi.org/10.26737/adri27

Sari, M., Nasution, A. F., dan Erliza, E. 2025. Identifikasi cemaran mikroba pada kosmetik sediaan *lip tint* dan *lip cream* dengan metode angka lempeng total (ALT). *Jurnal Indah Sains Dan Klinis*, 6(1), 16–25. https://doi.org/10.52622/jisk.v6i1.03

Shinde, A., Kale, A., Wagh, S., Kalatre, V., Wagh, A., Kale, N., and Sanap, D. G. 2024. Formulation of essential oil based on solid perfume. *World Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 10(7), 191–196.

Sofyaningsih, M., Sugiyono, dan Setyaningsih, D. 2011. Retensi vanilin dan perubahan warna pada produk ekstrak pekat vanili selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(2), 110–118. https://journal.ipb.ac.id/jtip/article/view/4248

Stasse, M., Ribaut, T., Schmitt, V., and Héroguez, V. 2019. Encapsulation of lipophilic fragrance by polymerization of the intermediate aqueous phase of an oil-in-water-in-oil (O/W/O) double emulsion. *Polymer Chemistry*, 10(30), 4154–4162. https://doi.org/10.1039/c9py00528e

Sucitawati, P. A., Suhendra, L., dan Putra, G. P. G. 2021. Karakteristik mikroemulsi α-tokoferol pada perbandingan campuran tiga surfaktan nonionik dan lama pengadukan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 33–41. https://doi.org/10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p04

Suhendra, L., Sri, R., Pudji, H., dan Hidayat, C. 2012. Formulasi dan stabilitas mikroemulsi o / w sebagai pembawa fucoxanthin. *AGRITECH*, 32(3), 230–239. https://doi.org/10.22146/agritech.9617

Sutardianie, R. A., Suhendra, L., dan Wartini, N. M. 2023. Pengaruh rasio campuran surfaktan dan rasio campuran surfaktan dengan minyak atsiri cempaka putih (*Michelia alba* DC.) terhadap

karakteristik mikroemulsi sebagai *body mist*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 11(2), 172. https://doi.org/10.24843/jrma.2023.v11.i02.p01

Tartaro, G., Mateos, H., Schirone, D., Angelico, R., and Palazzo, G. 2020. Microemulsion microstructure(s): A tutorial review. *Nanomaterials*, 10(9), 1–40. https://doi.org/10.3390/nano10091657

Wenas, D. M., Suardi, J., dan Wahidin. 2020. Uji cemaran mikroba pada sediaan lipstik cair. *Journal of Science and Technology*, 1(1), 49–60. https://doi.org/10.51135/justevol1issue1page49-60

Whiteley, J., Waters, L. J., Humphrey, J., and Mellor, S. 2024. A thermodynamic investigation into protein–excipient interactions involving different grades of polysorbate 20 and 80. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 149(23), 13941–13951. https://doi.org/10.1007/s10973-024-13533-6

Wirayudha, M. B., Suhendra, L., and Triani, G. A. L. 2025. Characteristics of microemulsion at various ratios of surfactant – polyethylene glycol 400 and red palm oil. *The International Journal of Business Management and Technology*, 9(8), 73–80.

Wulandari, S. A. R. 2017. Formulasi dan uji aktivitas antibakteri epidermidis ekstrak sediaan stapylococcus mikroemulsi daun kersen (*Muntingia calabura* Linn.) dengan fase minyak isopropil mirystate. Skripsi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Xu, J., Xu, H., Liu, Y., He, H., and Li, G. 2015. Vanillin-induced amelioration of depression-like behaviors in rats by modulating monoamine neurotransmitters in the brain. *Psychiatry Research*, 225(3), 509–514. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.11.056

Yuniarti, N., Anwar, D. I., dan Khumaisah, L. L. 2023. Formulasi eau de parfum berbahan dasar minyak atsiri khas Sukabumi sebagai repellent terhadap Aedes aegypti. *Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 7(2), 7–14. https://doi.org/10.17977/um0260v7i22023p007

Zukhruf, N., Kiromah, W., Sugihartini, N., and Nurani, L. H. 2023. Development and characterization of clove oil microemulsion. *Pharmacia*, 70(1), 233–241. https://doi.org/10.3897/pharmacia.70.e98096