

## Optimization of Butterfly Pea Flower (*Clitoria ternatea* L.) Kombucha Formulation in Liquid Soap Preparation Using Factorial design Method

### Optimasi Formula Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Dalam Sediaan Sabun Mandi Cair Dengan Metode *Factorial design*

Agma Beladina Gita Anggara Dewi <sup>a</sup>, Suprpto <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Department of pharmacy, Faculty of pharmacy, University Muhammadiyah Surakarta, surakarta, Jawa Tengah, Indonesia.

\*Corresponding Authors: [sup215@ums.ac.id](mailto:sup215@ums.ac.id)

#### Abstract

**Introduction:** Natural-based liquid soap has gained increasing interest as a multifunctional skin cleanser with antibacterial properties. Butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.) is rich in bioactive compounds such as flavonoids and anthocyanins that exhibit antibacterial potential, which can be enhanced through fermentation into kombucha. **Objective:** This study aimed to optimize the formulation of butterfly pea flower kombucha liquid soap using a factorial design method and to evaluate its physical stability and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*. **Methods:** Optimization was performed using a 2<sup>2</sup> factorial design with a center point assisted by Design-Expert® software, with variations in kombucha fermentation time (7, 10.5, and 14 days) and kombucha concentration (20%, 30%, and 40%). The response parameters optimized included pH, viscosity, and foam stability. The optimum formula was evaluated for physical stability using a freeze-thaw cycling method for 6 cycles and tested for antibacterial activity against *S. aureus* using the well diffusion method. **Results:** The optimum formula was obtained at a fermentation time of 10.5 days and a kombucha concentration of 20%, yielding a desirability value of 0.874. The optimized formulation exhibited a pH of 5.23 ± 0.15, viscosity of 1674.0 ± 8.76 cP, and foam stability of 73.67 ± 1.53%. Verification experiments confirmed that the observed values fell within the 95% prediction interval, validating the model. Physical stability testing demonstrated no significant changes in organoleptic properties, homogeneity, pH, viscosity, or foam stability after 6 freeze-thaw cycles. The optimum formula showed strong antibacterial activity against *S. aureus* with an average inhibition zone diameter of 13.67 ± 0.29 mm. **Conclusion:** The optimized butterfly pea kombucha liquid soap formulation possesses excellent physical characteristics, good stability, and promising potential as a natural antibacterial cleanser.

**Keywords:** Antibacteria, Butterfly pea Kombucha, Design-Expert®, Liquid soap, *Staphylococcus aureus*.

#### Abstrak

**Pendahuluan:** Sabun mandi cair berbasis bahan alami semakin diminati sebagai pembersih kulit multifungsi sekaligus memiliki aktivitas antibakteri. Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid dan antosianin yang berpotensi sebagai agen antibakteri, yang dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi menjadi kombucha. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi formula sabun mandi cair kombucha bunga telang menggunakan metode *factorial design* serta mengevaluasi stabilitas fisik dan aktivitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus*. **Metode:** Optimasi dilakukan dengan rancangan faktorial 2<sup>2</sup> dilengkapi titik pusat menggunakan perangkat lunak Design-Expert®, dengan variasi waktu fermentasi kombucha (7, 10,5, dan 14 hari) dan konsentrasi kombucha (20%, 30%, dan 40%). Parameter respon yang dioptimasi meliputi pH, viskositas, dan stabilitas busa. Formula optimum dievaluasi stabilitas fisiknya menggunakan metode *freeze-thaw cycling* selama 6 siklus dan diuji aktivitas antibakterinya terhadap *S. aureus* menggunakan metode difusi sumuran. **Hasil:** Formula optimum diperoleh pada waktu fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi kombucha 20% dengan nilai *desirability* 0,874. Formula optimum menunjukkan pH 5,23 ± 0,15, viskositas 1674,0 ± 8,76 cP, dan stabilitas busa 73,67 ± 1,53%. Hasil verifikasi menunjukkan nilai aktual berada dalam rentang *prediction interval* 95%, sehingga model optimasi dinyatakan valid. Uji stabilitas fisik menunjukkan tidak ada perubahan signifikan pada organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, maupun stabilitas busa setelah 6 siklus *freeze-thaw*. Formula optimum menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap *S. aureus* dengan diameter zona hambat 13,67 ± 0,29 mm. **Kesimpulan:** Formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang memiliki karakteristik fisik yang baik, stabil secara fisik, dan berpotensi dikembangkan sebagai sabun mandi cair antibakteri berbasis bahan alam.

**Kata Kunci:** Antibakteri, Kombucha bunga telang, Design-Expert®, Sabun cair, *Staphylococcus aureus*.



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

<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i2.1614>

#### Article History:

Received: 03/05/2026,  
Revised: 22/06/2026,  
Accepted: 22/06/2026,  
Available Online: 22/06/2026,.

#### QR access this Article



## Pendahuluan

Kulit merupakan organ pelindung utama tubuh yang berfungsi sebagai barrier terhadap berbagai faktor eksternal, termasuk paparan mikroorganisme patogen. Namun, gangguan pada integritas kulit dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi. Salah satu bakteri yang paling sering menyebabkan infeksi kulit adalah *Staphylococcus aureus*, bakteri Gram-positif yang bertanggung jawab terhadap berbagai gangguan kulit seperti jerawat, bisul, impetigo, folikulitis, dan dermatitis [1]. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa *S. aureus* merupakan salah satu bakteri yang banyak ditemukan pada kasus *skin and soft tissue infections* (SSTIs) di wilayah Jawa dan Bali, sehingga bakteri ini masih menjadi masalah kesehatan yang relevan di masyarakat [2]. Selain itu, meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik serta risiko iritasi akibat penggunaan bahan antibakteri sintetik mendorong kebutuhan akan produk perawatan kulit berbasis bahan alam yang lebih aman dan berkelanjutan [3].

Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) merupakan tanaman herbal yang kaya akan berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, antosianin, polifenol, dan tanin. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi yang berpotensi mendukung kesehatan kulit [4]. Beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak bunga telang mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif alami dalam formulasi kosmetik maupun sediaan topikal [5]. Aktivitas biologis bunga telang dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi menjadi kombucha menggunakan kultur SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Selama proses fermentasi berlangsung, mikroorganisme dalam SCOBY mengubah substrat menjadi berbagai metabolit bioaktif seperti asam asetat, asam glukonat, senyawa fenolik, vitamin, dan metabolit sekunder lainnya yang berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas antimikroba dan antioksidan [6], [7]. Kombucha diketahui memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas dan berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif alami pada berbagai produk kesehatan maupun kosmetik [7]. Selain itu, fermentasi kombucha dilaporkan mampu meningkatkan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas biologis bahan herbal yang digunakan sebagai substrat fermentasi [6].

Pemanfaatan kombucha bunga telang dalam sediaan sabun mandi cair berpotensi menghasilkan produk multifungsi yang tidak hanya berfungsi sebagai pembersih kulit tetapi juga memberikan aktivitas antibakteri. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan aktivitas antibakteri kombucha bunga telang maupun sediaan sabun berbasis kombucha terhadap bakteri patogen, termasuk *Staphylococcus aureus* [8], [9]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada evaluasi aktivitas biologis dan efektivitas antibakteri, sedangkan aspek optimasi formulasi belum banyak dieksplorasi secara sistematis. Aktivitas biologis kombucha diketahui sangat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi, terutama lama fermentasi yang berperan dalam pembentukan asam organik, senyawa fenolik, dan metabolit bioaktif lainnya [6]. Di sisi lain, konsentrasi kombucha yang ditambahkan ke dalam formulasi dapat memengaruhi karakteristik fisik sediaan, seperti pH, viskositas, dan stabilitas busa, yang merupakan parameter penting dalam menentukan mutu produk akhir [10]. Oleh karena itu, optimasi kedua faktor tersebut menjadi penting untuk memperoleh formula yang mampu menghasilkan keseimbangan antara mutu fisik sediaan dan aktivitas antibakteri.

Berdasarkan penelusuran literatur yang dilakukan, penelitian mengenai kombucha bunga telang dalam sediaan sabun mandi telah dilaporkan sebelumnya [9], [11]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengujian aktivitas antibakteri tanpa melakukan optimasi formulasi secara statistik. Studi yang mengintegrasikan optimasi waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha bunga telang dalam formulasi sabun mandi cair menggunakan pendekatan *factorial design* untuk memperoleh karakteristik fisik optimum sekaligus aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* masih sangat terbatas. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai kebaruan pada penerapan pendekatan optimasi formulasi berbasis *factorial design* untuk

menentukan kombinasi waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha bunga telang yang mampu menghasilkan mutu fisik sediaan yang optimal serta aktivitas antibakteri yang baik.

Karakteristik fisik merupakan parameter penting dalam formulasi sabun mandi cair karena berkaitan dengan stabilitas, keamanan, dan kenyamanan penggunaan. Nilai pH yang sesuai diperlukan untuk meminimalkan iritasi kulit, sedangkan viskositas dan stabilitas busa memengaruhi penerimaan penggunaan serta penerimaan terhadap produk [10]. Selain itu, stabilitas fisik sediaan juga perlu dievaluasi untuk mengetahui kemampuan formula mempertahankan mutu selama penyimpanan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah uji *freeze-thaw cycling* karena mampu menggambarkan kestabilan sediaan terhadap perubahan suhu ekstrem [12].

Metode *factorial design* merupakan metode optimasi yang efisien untuk mengevaluasi pengaruh faktor dan interaksi antar faktor terhadap respon penelitian secara sistematis [13]. Penggunaan perangkat lunak *Design-Expert*® memungkinkan penentuan formula optimum berdasarkan respon pH, viskositas, dan stabilitas busa melalui pendekatan statistik dan *desirability function*. Namun, penelitian terkait optimasi kombinasi lama fermentasi dan konsentrasi kombucha bunga telang dalam sediaan sabun mandi cair menggunakan metode *factorial design* masih terbatas dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi formula sabun mandi cair kombucha bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) menggunakan metode *factorial design* serta mengevaluasi stabilitas fisik dan aktivitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus*.

## Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, hot plate dan *hot plate stirrer*, alat alat gelas (beaker glass, gelas ukur, labu erlenmeyer, corong kaca), thermometer, batang pengaduk, kertas saring, toples kaca steril, kain bersih, karet gelang, botol kaca penyimpanan kombucha, pH meter, viskometer Brookfield, penggaris, autoklaf, inkubator 37°C, cawan petri steril, mikropipet dan tip, jarum ose, cotton swab steril, cork borer diameter 6mm, serta alat pendukung sterilisasi seperti alkohol 70% dan tisu steril.

Bahan yang digunakan yaitu bunga telang kering, aquadest, gula pasir, kultur SCOBY dan starter cairan kombucha, Na-CMC (1500 cps), Cocamidopropyl Betaine (CAPB), Decyl Glucoside (DG), Minyak zaitu, Minyak jarak, Sodium laktat, Phenoxyethanol, BHT, Essential oil, *Staphylococcus aureus*, media MHA, NaCl fisiologis steril dan sabun mandi Lifebuoy digunakan sebagai kontrol positif.

### Pembuatan Kombucha Bunga Telang

Pembuatan kombucha bunga telang diawali dengan memanaskan 1 liter aquadest hingga mendidih kemudian dimasukkan 10g bunga telang kering dan seduh selama 10-15 menit hingga warna dan senyawa aktif larut optimal. Larutan kemudian disaring menggunakan kain bersih untuk memisahkan ampas, lalu tambahkan 100g gula pasir (10% b/v) sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme fermentasi. Larutan didinginkan hingga mencapai suhu 25-30°C agar kultur SCOBY tetap hidup dan tidak mengalami kerusakan. Kemudian larutan dipindahkan ke dalam toples kaca steril dan ditambahkan 1 lembar kultur SCOBY (50-100g) beserta 100ml starter kombucha (10% v/v terhadap volume media fermentasi). Kultur SCOBY dan starter kombucha yang digunakan berasal dari sumber yang sama dan digunakan secara konsisten pada seluruh perlakuan fermentasi untuk meminimalkan variasi antar batch fermentasi. Wadah fermentasi ditutup menggunakan kain bersih atau serbet yang dikencangkan dengan karet gelang untuk menjaga aerasi dan mencegah kontaminasi sesuai prinsip fermentasi kombucha yang memerlukan kondisi aerob [14], [15].

Fermentasi dilakukan pada suhu ruang 25-30°C selama 7 hari, 10,5 hari, dan 14 hari sesuai dengan rancangan perlakuan. Setelah fermentasi selesai pada masing-masing hari perlakuan cairan kombucha disaring kembali untuk memisahkan lapisan SCOBY. Filtrat kombucha kemudian disimpan dalam botol kaca tertutup pada suhu 4-8°C hingga digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi sabun cair dengan konsentrasi 20%, 30%, dan 40% sesuai rancangan faktorial [11].

### Formulasi Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formulasi sabun mandi cair dibuat dengan menggunakan Na-CMC 1500 cPs sebagai pengental, Cocamidopropyl Betaine (CAPB) dan Decyl Glucoside sebagai surfaktan, minyak zaitun dan minyak jarak sebagai emolien, sodium laktat sebagai humektan, phenoxyethanol sebagai pengawet, BHT sebagai antioksidan, serta essential oil sebagai pewangi. Na-CMC didispersikan dalam aquadest panas hingga

mengembang, kemudian ditambahkan CAPB dan Decyl Glucoside sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan minyak zaitun, minyak jarak, sodium laktat, phenoxyethanol, BHT, dan essential oil secara bertahap sambil diaduk hingga terbentuk basis sabun cair homogen [16], [17].

Kombucha bunga telang ditambahkan ke dalam basis sabun cair dengan variasi konsentrasi 20%, 30%, dan 40% dari total volume sediaan. Formula dibuat dengan mencampurkan kombucha bunga telang dan basis sabun sesuai dengan konsentrasi perlakuan, sehingga pada konsentrasi 20% digunakan 20ml kombucha dan 80ml basis sabun, pada konsentrasi 30% digunakan 30 ml kombucha dan 70 ml basis sabun, sedangkan pada konsentrasi 40% digunakan 40 ml kombucha dan 60 ml basis sabun. Optimasi formula dilakukan menggunakan metode *factorial design 2<sup>2</sup>* dengan titik pusat (*center point*), dengan faktor lama fermentasi kombucha (7 dan 14 hari) serta konsentrasi kombucha (20% dan 40%) sedangkan titik pusat menggunakan fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi 30%. Parameter respon yang diamati meliputi pH, viskositas, dan stabilitas busa [17].

**Tabel 1.** Faktor dan Level pada Rancangan *Factorial design*

Faktor	Level rendah (-)	Level tengah (center)	Level tinggi (+)
Lama fermentasi kombucha (A) (hari)	7	10,5	14
Konsentrasi kombucha (B) (%)	20	30	40

**Tabel 2.** Formula Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Bahan	Fungsi	F1		F2		F3		F4		F5
		Run 6	Run 8	Run 1	Run 4	Run 2	Run 7	Run 3	Run 9	Run5
Kombucha Bunga Telang	Bahan aktif antibakteri	20	20	40	40	20	20	40	40	30
Na-CMC (1500 cPs)	Pengental	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Cocamidopropyl Betaine (CAPB)	Surfaktan Amfoterik	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Decyl Glucoside (DG)	Surfaktan non-ionik	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Minyak zaitun	Emolien	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minyak jarak	Pelembut kulit	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sodium laktat	Humektan	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Phenoxyethanol	Pengawet antimikroba	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
BHT	Antioksidan	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Essential oil	Pewangi alami	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Aquadest	Pelarut utama ad	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan terhadap seluruh formula sabun mandi cair kombucha bunga telang secara visual dengan mengamati warna, bau, bentuk, dan tekstur sediaan [16], [17].

### Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan meneteskan sediaan sabun mandi cair kombucha bunga telang pada kaca objek secara merata, kemudian diamati adanya partikel kasar, gumpalan, atau pemisahan fase secara visual. Sediaan dinyatakan homogen apabila tidak menunjukkan adanya partikel kasar dan pemisahan fase [16].

### Uji pH

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter digital yang telah dikalibrasi menggunakan larutan dapar standar. Pengujian dilakukan pada seluruh formula sabun mandi cair kombucha bunga telang pada suhu ruang, kemudian nilai pH yang diperoleh dicatat. Nilai pH sediaan sabun mandi cair yang baik berada pada rentang 4-10 sesuai dengan persyaratan SNI 4085:2017 tentang Sabun Mandi Cair [18].

### Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan menggunakan Viscometer Brookfield pada suhu ruang terkontrol menggunakan spindle no 3. Sampel sabun mandi cair kombucha bunga telang dimasukkan ke dalam wadah uji, kemudian viskositas diukur hingga diperoleh pembacaan yang stabil dan dinyatakan dalam satuan centipoise (cP). Pengujian dilakukan terhadap seluruh formula untuk mengetahui kekentalan sediaan sabun mandi cair [16], [17]. Nilai viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi mutu fisik

sabun cair karena memengaruhi stabilitas dan kenyamanan penggunaan sediaan. Viskositas sabun mandi cair umumnya berada pada rentang 400-4000 cP [19].

### Uji Stabilitas Busa

Uji stabilitas busa dilakukan menggunakan metode pengocokan silinder (*cylinder shake method*) yang dimodifikasi [20], [21]. Sebanyak 1 mL sampel sabun mandi cair kombucha bunga telang dimasukkan ke dalam gelas ukur 50 mL, kemudian ditambahkan 10 mL aquadest. Campuran dikocok secara konstan selama 20 detik hingga terbentuk busa. Tinggi busa awal diukur segera setelah pengocokan, kemudian sediaan didiamkan selama 5 menit dan tinggi busa akhir diukur kembali. Stabilitas busa dihitung berdasarkan perbandingan tinggi busa akhir terhadap tinggi busa awal dikalikan 100% menggunakan Persamaan (1):

$$\text{stabilitas busa (\%)} = \frac{\text{Tinggi busa akhir}}{\text{Tinggi busa awal}} \times 100 \quad (1)$$

Stabilitas busa merupakan salah satu parameter mutu fisik penting pada sediaan sabun cair karena berkaitan dengan kemampuan mempertahankan busa dan tingkat penerimaan pengguna terhadap produk. Stabilitas busa dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi surfaktan yang digunakan dalam formulasi [21]. Sistem surfaktan seperti Cocamidopropyl Betaine diketahui dapat meningkatkan pembentukan serta mempertahankan kestabilan busa pada sediaan pembersih cair [20], [21]. Suatu sediaan sabun cair umumnya dikatakan memiliki stabilitas busa yang baik apabila mampu mempertahankan stabilitas busa lebih dari 60% [22].

### Penentu Formula Optimum

Penentuan formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang dilakukan menggunakan perangkat lunak *Design-Expert*® versi 13 menggunakan metode *factorial design* 2<sup>2</sup> menggunakan dua faktor, yaitu lama fermentasi kombucha bunga telang dan konsentrasi kombucha bunga telang. Respon yang digunakan dalam optimasi meliputi pH, viskositas, dan stabilitas busa. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor dan interaksi antar faktor terhadap karakteristik fisik sediaan [23].

Optimasi dilakukan menggunakan pendekatan *desirability function* untuk memperoleh kombinasi faktor yang menghasilkan karakteristik fisik optimum. Formula optimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk uji stabilitas fisik dan uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* [17].

### Uji stabilitas fisik

Uji stabilitas fisik dilakukan terhadap formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang menggunakan metode *freeze-thaw cycling* selama 6 siklus [18],[21]. Setiap siklus dilakukan dengan menyimpan sediaan pada suhu rendah menggunakan lemari pendingin (4°C) selama 24 jam, kemudian dilanjutkan penyimpanan pada suhu tinggi menggunakan oven (40°C) selama 24 jam. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kestabilan fisik sediaan terhadap perubahan suhu selama penyimpanan.

Parameter yang diamati meliputi organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, dan stabilitas busa [19], [24]. Sediaan dinyatakan stabil apabila tidak menunjukkan perubahan warna, bau, bentuk, tekstur, dan pemisahan fase setelah pengujian.

### Uji aktivitas antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan terhadap formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang menggunakan metode difusi sumuran (*well diffusion method*) terhadap *Staphylococcus aureus* [25]. Suspensi bakteri dibuat dalam NaCl fisiologis steril dan disesuaikan dengan standar 0,5 McFarland atau setara dengan  $\pm 1,5 \times 10^8$  CFU/mL. Media Mueller Hinton Agar (MHA) yang telah diinokulasikan dengan suspensi bakteri dibuat sumuran menggunakan cork borer berdiameter 6 mm. Sebanyak 50  $\mu$ L sampel formula optimum dimasukkan ke dalam masing-masing sumuran berdiameter 6 mm menggunakan mikropipet. Volume tersebut dipilih karena dapat tertampung dengan baik pada sumuran yang digunakan tanpa menyebabkan luapan sampel keluar dari sumuran. Setelah sampel dimasukkan, cawan segera ditutup untuk meminimalkan penguapan dan memastikan proses difusi sampel berlangsung secara optimal pada media agar. Sabun mandi Lifebuoy® digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan basis sabun mandi tanpa kombucha digunakan sebagai kontrol negatif.

Media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian diameter zona hambat yang terbentuk diukur menggunakan penggaris dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Pengukuran dilakukan

terhadap diameter total zona hambat yang terbentuk, termasuk diameter sumuran (6 mm). Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali replikasi untuk memperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi. Aktivitas antibakteri diinterpretasikan berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971) [26], yaitu lemah (<5 mm), sedang (5–10 mm), kuat (10–15 mm), dan sangat kuat (15–20 mm).

### Analisis Data

Data hasil evaluasi karakteristik fisik sabun mandi cair kombucha bunga telang yang meliputi pH, viskositas, dan stabilitas busa dianalisis menggunakan perangkat lunak *Design-Expert*® versi 13 dengan metode *factorial design* 2<sup>2</sup>. Analisis dilakukan untuk menentukan pengaruh faktor lama fermentasi kombucha bunga telang dan konsentrasi kombucha bunga telang terhadap respon yang diamati serta menentukan formula optimum menggunakan pendekatan *desirability function* [23].

Data hasil uji stabilitas fisik dan aktivitas antibakteri dianalisis secara deskriptif. Hasil uji antibakteri formula optimum dinyatakan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi (SD) dari hasil tiga kali replikasi pengukuran diameter zona hambat [11].

### Pertimbangan Etik

Penelitian ini tidak melibatkan manusia, hewan percobaan, maupun material biologis yang memerlukan persetujuan etik. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan menggunakan kultur bakteri standar laboratorium *Staphylococcus aureus* dan dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan laboratorium serta prinsip *Good Laboratory Practices* (GLP). Seluruh proses penanganan, kultivasi, dan pengujian bakteri dilakukan dengan menerapkan prosedur biosafety yang berlaku untuk mencegah kontaminasi silang dan paparan terhadap personel laboratorium. Limbah biologis yang berasal dari kultur bakteri disterilisasi terlebih dahulu menggunakan autoklaf sebelum dibuang, sedangkan limbah kimia ditangani dan dibuang sesuai prosedur pengelolaan limbah laboratorium yang berlaku. Dengan demikian, seluruh tahapan penelitian telah dilakukan sesuai standar keselamatan laboratorium dan praktik penelitian yang baik.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Uji Organoleptik

**Tabel 3.** Hasil Uji Organoleptik Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formula	Run	Warna	Bau	Bentuk	Tekstur
I	6	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
	8	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
II	1	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
	4	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
III	2	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
	7	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
IV	3	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
	9	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental
V	5	Ungu kebiruan	Bau khas	Cair	Kental

Berdasarkan **Tabel 3**. Seluruh formula sabun mandi cair kombucha bunga telang menunjukkan karakteristik organoleptik yang seragam, yaitu berwarna ungu kebiruan, berbau khas kombucha, berbentuk cair, dan bertekstur kental. Warna ungu kebiruan pada sediaan dipengaruhi oleh pigmen antosianin yang berasal dari bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) yang masih terdapat dalam kombucha hasil fermentasi. Variasi waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha tidak menunjukkan perubahan organoleptik yang signifikan antar formula, sehingga menunjukkan kompatibilitas yang baik antara kombucha bunga telang dengan basis sabun yang digunakan [16], [17].

### Hasil Uji Homogenitas

Berdasarkan **Tabel 4**. Seluruh formula menunjukkan homogenitas yang baik tanpa adanya partikel kasar maupun pemisahan fase. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui keseragaman pencampuran bahan dalam sediaan sabun cair [16]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi Na-CMC sebagai bahan pengental dan sistem surfaktan yang terdiri atas Cocamidopropyl Betaine serta Decyl Glucoside mampu menghasilkan dispersi yang stabil dan homogen selama penyimpanan maupun pengujian.

**Tabel 4.** Hasil Uji Homogenitas Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formula	Run	Homogenitas
I	6	Homogen
	8	Homogen
II	1	Homogen
	4	Homogen
III	2	Homogen
	7	Homogen
IV	3	Homogen
	9	Homogen
V	5	Homogen

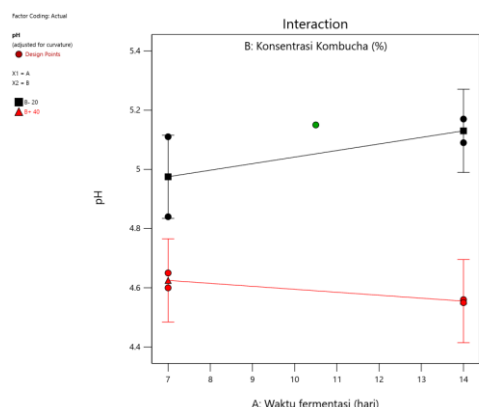
## Hasil Uji pH

**Tabel 5.** Hasil Uji pH Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formula	Run	Waktu fermentasi (hari)	Konsentrasi (%)	Rata-rata $\pm$ SD
I	6	7	20	4,84 $\pm$ 0,06
	8	7	20	5,11 $\pm$ 0,08
II	1	7	40	4,60 $\pm$ 0,08
	4	7	40	4,65 $\pm$ 0,08
III	2	14	20	5,09 $\pm$ 0,08
	7	14	20	5,17 $\pm$ 0,09
IV	3	14	40	4,56 $\pm$ 0,06
	9	14	40	4,55 $\pm$ 0,05
V	5	10,5	30	5,11 $\pm$ 0,10

Berdasarkan **Tabel 5**. Nilai pH sabun mandi cair kombucha bunga telang berada pada rentang 4,55-5,17. Seluruh formula memenuhi persyaratan mutu sabun mandi cair berdasarkan SNI 408:2017, yaitu berada pada rentang pH 4-10 [18]. Nilai pH merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi mutu fisik sabun cair karena berpengaruh terhadap stabilitas sediaan dan keamanan penggunaan pada kulit [19].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula dengan konsentrasi 40% cenderung memiliki nilai pH lebih rendah dibandingkan dengan formula dengan konsentrasi kombucha 20%. Formula IV dengan run 9 menghasilkan pH terendah yaitu 4,55  $\pm$  0,05. Sebaliknya, formula III dengan run 7 menghasilkan nilai pH tertinggi, yaitu 5,17  $\pm$  0,09. Penurunan nilai pH pada konsentrasi kombucha lebih tinggi disebabkan oleh meningkatnya kandungan asam organik hasil fermentasi, seperti asam asetat dan asam glukonat yang terbentuk selama proses fermentasi kombucha berlangsung [15]. Selain itu, aktivitas mikroorganisme dalam SCOBY selama fermentasi juga menghasilkan metabolit asam organik yang dapat memengaruhi nilai pH sediaan [27].

**Gambar 1.** Grafik Interaksi Faktor terhadap Respon pH

Berdasarkan grafik interaksi faktor, peningkatan konsentrasi kombucha dari 20% menjadi 40% menyebabkan penurunan nilai pH pada seluruh variasi waktu fermentasi. Formula dengan konsentrasi kombucha 20% menunjukkan nilai pH lebih tinggi dibandingkan formula dengan konsentrasi 40%, sehingga konsentrasi kombucha menjadi faktor yang paling dominan memengaruhi respon pH sediaan.

Analisis menggunakan Design-Expert® menunjukkan bahwa mode *factorial design* memberikan pengaruh signifikan terhadap respon pH dengan nilai p-value 0,0123 ( $p < 0,05$ ). Faktor konsentrasi kombucha (B) memberikan pengaruh signifikan terhadap respon pH dengan nilai p-value 0,0029, sedangkan faktor fermentasi (A) dan interaksi kedua faktor (AB) tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Model memiliki nilai  $R^2$  sebesar 0,9177; Adjusted  $R^2$  sebesar 0,8560; CV sebesar 2,08%; dan Adeq Precision sebesar 7,8896, sehingga model dinilai mampu menggambarkan hubungan faktor terhadap respon pH dengan baik [23]. Model respon pH diperoleh sebagaimana terlihat pada Persamaan (2):

$$pH = 4,945 + 0,054(A) - 0,006(B) - 0,0016 \quad (2)$$

Keterangan:

A = waktu fermentasi (hari)

B = konsentrasi kombucha (%)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kombucha memberikan pengaruh paling dominan terhadap penurunan nilai pH sediaan.

## Hasil Uji Viskositas

**Tabel 6.** Hasil Uji Viskositas Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formula	Run	Waktu fermentasi (hari)	Konsentrasi (%)	mean $\pm$ SD
I	6	7	20	350,7 $\pm$ 1,15
	8	7	20	866,7 $\pm$ 8,35
II	1	7	40	760,0 $\pm$ 25,00
	4	7	40	580,0 $\pm$ 10,00
III	2	14	20	1128,3 $\pm$ 7,64
	7	14	20	1789,0 $\pm$ 4,58
IV	3	14	40	208,3 $\pm$ 23,63
	9	14	40	400,0 $\pm$ 2,65
V	5	10,5	30	1208,3 $\pm$ 11,55

Berdasarkan **Tabel 6**. Nilai uji viskositas sabun mandi cair kombucha bunga telang berada pada rentang 208,3-1789,0 cP. Seluruh formula masih memenuhi persyaratan viskositas sabun mandi cair yaitu 400-4000 cP, kecuali Formula IV run 3 yang memiliki viskositas lebih rendah yaitu 208,3 cP [18]. Viskositas merupakan parameter penting dalam evaluasi mutu sabun cair karena memengaruhi stabilitas, kemudahan penggunaan serta penerimaan konsumen terhadap sediaan [19].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula dengan konsentrasi kombucha 20% cenderung menghasilkan viskositas lebih tinggi dibandingkan konsentrasi kombucha 40%. Formula III run 7 menghasilkan viskositas tertinggi yaitu 1789,0  $\pm$  4,58, sedangkan Formula IV run 3 menghasilkan viskositas terendah yaitu 208,3  $\pm$  23,63. Penurunan viskositas pada konsentrasi kombucha yang lebih tinggi diduga disebabkan oleh meningkatnya kandungan cairan fermentasi dan asam organik yang dapat menurunkan kekentalan sistem sabun cair [27].

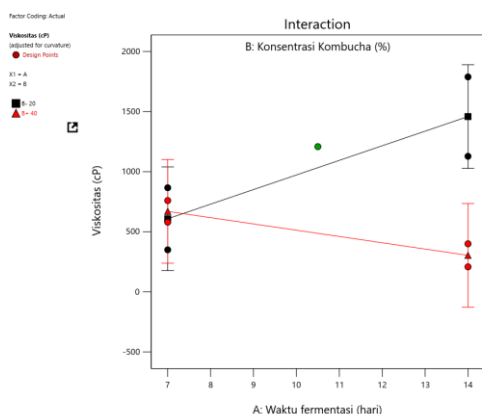
Selain konsentrasi kombucha, lama fermentasi juga mempengaruhi viskositas sediaan. Formula dengan waktu fermentasi lebih lama pada konsentrasi kombucha 20% menunjukkan peningkatan viskositas. Hal tersebut diduga berkaitan dengan perubahan komposisi metabolit hasil fermentasi interaksi antar komponen dalam basis cair [15].

Berdasarkan grafik interaksi faktor, peningkatan waktu fermentasi pada konsentrasi kombucha 20% menyebabkan peningkatan viskositas sediaan. Sebaliknya, pada konsentrasi 40% peningkatan waktu fermentasi cenderung menurun viskositas. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara lama fermentasi dan konsentrasi kombucha terhadap respon viskositas.

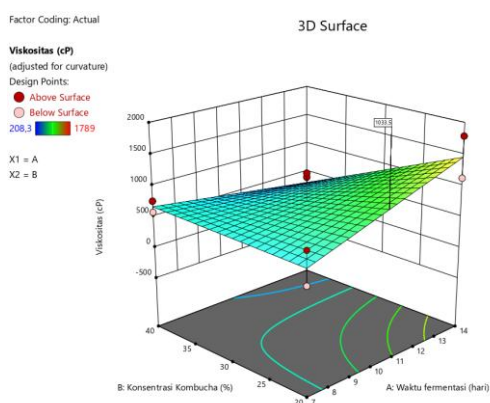
Analisis menggunakan Design-Expert® menunjukkan bahwa model *factorial design* pada respon viskositas belum menunjukkan pengaruh signifikan dengan nilai p-value 0,0766 ( $p > 0,05$ ). Faktor waktu fermentasi (A), konsentrasi kombucha (B), dan interaksi kedua faktor (AB) juga tidak menunjukkan pengaruh signifikan sehingga masih menunjukkan kecenderungan pengaruh terhadap respon viskositas.

Model memiliki nilai  $R^2$  sebesar 0,7901 dan Adjusted  $R^2$  sebesar 0,6326 yang menunjukkan bahwa model masih mampu menjelaskan variasi respon viskositas dengan cukup baik. Nilai Adeq Precision sebesar 4,9841 ( $> 4$ ) menunjukkan bahwa model masih memiliki *signal-to-noise ratio* yang memadai untuk digunakan dalam navigasi *design space* [23]. Namun demikian, nilai CV sebesar 38,36% menunjukkan bahwa data viskositas memiliki tingkat variasi yang cukup tinggi dibandingkan respon lainnya.

Analisis statistik menunjukkan bahwa model *factorial design* untuk respon viskositas tidak signifikan ( $p = 0,0766$ ), sehingga pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha terhadap viskositas sediaan tidak dapat dinyatakan signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%. Tingginya nilai CV menunjukkan adanya variasi respon yang cukup besar antar run, termasuk pada Formula I yang memiliki kondisi faktor yang sama namun menghasilkan nilai viskositas yang berbeda. Variasi tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh homogenitas sistem, proses hidrasi Na-CMC, distribusi bahan pengental dalam sediaan, serta interaksi antara komponen hasil fermentasi kombucha dengan sistem surfaktan yang digunakan [21]. Meskipun demikian, seluruh pengukuran telah dilakukan menggunakan prosedur yang sama dan hasil aktual viskositas formula optimum masih berada dalam rentang Prediction Interval (PI) 95% serta memenuhi persyaratan mutu fisik sabun mandi cair. Oleh karena itu, model masih dapat digunakan untuk mendukung proses optimasi formula dengan interpretasi yang dilakukan secara hati-hati [20], [23].



**Gambar 2.** Grafik Interaksi Faktor terhadap Respon viskositas.



**Gambar 3.** Grafik 3D Response Surface Viskositas Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Grafik response surface menunjukkan bahwa waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha memberikan pengaruh terhadap viskositas sabun mandi cair kombucha bunga telang. Peningkatan waktu fermentasi cenderung meningkatkan viskositas sediaan, sedangkan peningkatan konsentrasi kombucha menunjukkan kecenderungan menurunkan viskositas pada rentang faktor yang digunakan. Pola permukaan yang terbentuk menunjukkan adanya interaksi antara kedua faktor terhadap respon viskositas. Hasil ini sejalan dengan analisis rancangan faktorial yang menunjukkan bahwa kombinasi waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha berperan dalam menentukan karakteristik kekentalan sediaan sehingga diperlukan optimasi untuk memperoleh viskositas yang sesuai [20], [28].

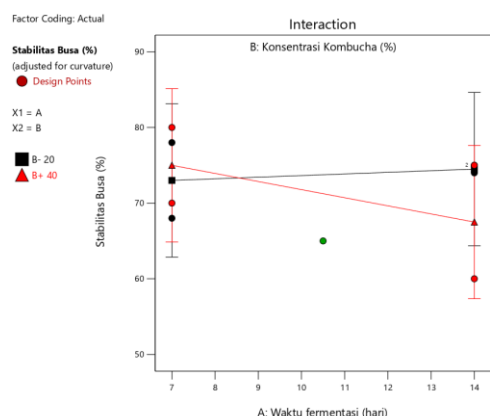
### Hasil Uji Stabilitas Busa

Berdasarkan **Tabel 7**. Nilai uji stabilitas busa sabun mandi cair kombucha bunga telang berada pada rentang rentang 60,00–80,00%. Nilai tertinggi diperoleh pada Formula I run 6 sebesar  $80,00 \pm 1,50\%$ , sedangkan nilai terendah diperoleh pada Formula V run 5 sebesar  $60,00 \pm 2,70\%$ . Seluruh formula menunjukkan stabilitas busa yang cukup baik karena masih mampu mempertahankan busa selama pengujian. Stabilitas busa

merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi mutu sabun cair karena berkaitan dengan kemampuan mempertahankan busa dan tingkat penerimaan pengguna terhadap sediaan [29].

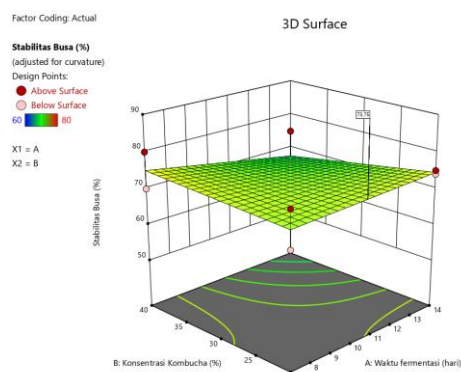
**Tabel 7.** Hasil Uji Stabilitas Busa Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Formula	Run	Waktu fermentasi (hari)	Konsentrasi (%)	Rata-rata $\pm$ SD
I	6	7	20	80,00 $\pm$ 1,50
	8	7	20	75,00 $\pm$ 2,20
II	1	7	40	75,00 $\pm$ 0,80
	4	7	40	70,00 $\pm$ 1,30
III	2	14	20	65,00 $\pm$ 2,50
	7	14	20	68,00 $\pm$ 1,10
IV	3	14	40	74,00 $\pm$ 2,40
	9	14	40	78,00 $\pm$ 1,20
V	5	10,5	30	60,00 $\pm$ 2,70



**Gambar 4.** Grafik Interaksi Faktor terhadap Respon stabilitas busa

Konsentrasi kombucha 20% terjadi kecenderungan peningkatan stabilitas busa seiring bertambahnya waktu fermentasi. Sebaliknya, pada konsentrasi kombucha 40% terjadi kecenderungan penurunan tinggi busa pada waktu fermentasi yang lebih lama. Namun, pola perubahan tersebut tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik.



**Gambar 5.** Grafik 3D response stabilitas busa sabun mandi cair kombucha bunga telang.

Hasil analisis *Design-Expert*<sup>®</sup> menunjukkan bahwa model respon stabilitas busa tidak signifikan dengan nilai p-value 0,7344 ( $p > 0,05$ ). Faktor waktu fermentasi (A), konsentrasi kombucha (B), dan interaksi keduanya (AB) juga tidak berpengaruh signifikan terhadap stabilitas busa dengan nilai p-value berturut-turut 0,5922; 0,6534; dan 0,4324. Nilai  $R^2$  sebesar 0,2500, *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar -0,3125, dan *Adequate Precision* sebesar 1,8386 menunjukkan bahwa model belum memadai untuk digunakan sebagai model prediksi respon stabilitas busa [23]. Oleh karena itu, pembahasan stabilitas busa lebih difokuskan pada data aktual hasil pengamatan.

Tidak signifikannya pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha terhadap stabilitas busa diduga karena komponen pembentuk busa utama, yaitu Cocamidopropyl Betaine dan Decyl Glucoside,

dibuat tetap pada seluruh formula. Dengan demikian, variasi kombucha lebih berperan sebagai bahan aktif dalam formula, sedangkan kemampuan pembentukan busa terutama dipengaruhi oleh sistem surfaktan yang digunakan [19].

Grafik *response surface* menunjukkan bahwa stabilitas busa dipengaruhi oleh kombinasi waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha. Perubahan kedua faktor menghasilkan variasi nilai stabilitas busa yang relatif kecil dibandingkan respon viskositas. Hal ini menunjukkan bahwa sistem surfaktan yang digunakan mampu mempertahankan kestabilan busa pada berbagai kondisi formulasi. Seluruh formula menghasilkan nilai stabilitas busa di atas 60%, sehingga masih memenuhi kriteria mutu sabun cair dan menunjukkan kemampuan pembentukan serta retensi busa yang baik [30]. Pola permukaan yang terbentuk menunjukkan bahwa kedua faktor memberikan kontribusi terhadap respon stabilitas busa dan digunakan dalam proses penentuan formula optimum melalui pendekatan *factorial design* [28].

### Konfirmasi dan Verifikasi Formula Optimum

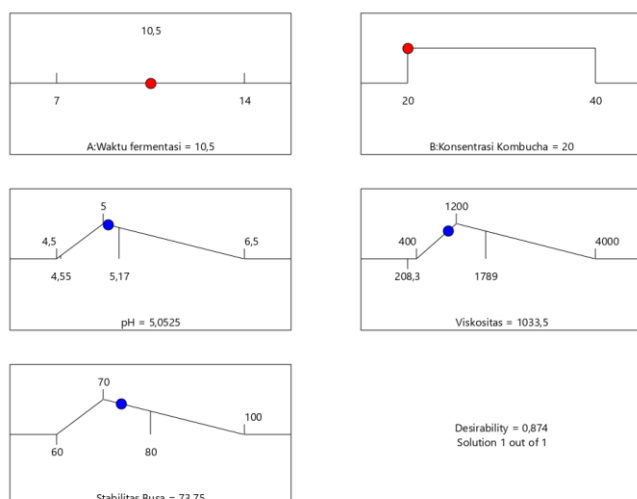
Optimasi formula sabun mandi cair kombucha bunga telang dilakukan menggunakan metode *desirability function* pada perangkat lunak Design-Expert ® untuk memperoleh kombinasi faktor optimum berdasarkan beberapa respon secara simultan yaitu, pH, viskositas, dan stabilitas busa. Pendekatan optimasi multirespon digunakan karena mampu menentukan kondisi formulasi terbaik berdasarkan target masing-masing parameter mutu sediaan secara bersamaan [23].

Parameter pH ditargetkan sebesar 5 karena mendekati pH fisiologis kulit. Produk pembersih dengan pH mendekati pH alami kulit berperan dalam menjaga fungsi *skin barrier* dan meminimalkan risiko gangguan kulit akibat perubahan pH [31]. Viskositas ditargetkan sebesar 1200 cP untuk menghasilkan konsistensi sediaan yang nyaman digunakan dan mudah diaplikasikan. Viskositas merupakan parameter penting dalam sediaan cair karena berkaitan dengan kestabilan fisik, kemudahan penggunaan, dan karakteristik alir sediaan. Stabilitas busa ditargetkan sebesar 70% karena busa merupakan salah satu parameter fisik yang diperhatikan dalam evaluasi sabun cair, terutama berkaitan dengan kemampuan pembentukan busa dan penerimaan penggunaan [19], [32].

**Tabel 8.** Kriteria optimasi formula sabun mandi cair kombucha bunga telang

Parameter	Goal	Nilai target
Waktu fermentasi	In range	7-14 hari
Konsentrasi kombucha	In range	20-40%
pH	Target	5
Viskositas	Target	1200 cP
Stabilitas busa	Target	70 %

Hasil optimasi menunjukkan bahwa formula optimum diperoleh pada waktu fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi kombucha 20% dengan nilai *desirability* sebesar 0,874. Nilai *desirability* yang mendekati 1 menunjukkan bahwa formula memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap target respon yang diterapkan [23].



**Gambar 6.** Hasil optimasi formula menggunakan *desirability function*

Berdasarkan hasil prediksi perangkat lunak, formula optimum menghasilkan pH sebesar 5,0525, viskositas sebesar 1033,5 cP dan stabilitas busa sebesar 73,75%. nilai pH tersebut mendekati rentang pH alami kulit, sehingga sesuai untuk sediaan pembersih kulit [31]. Nilai viskositas menunjukkan sediaan memiliki konsistensi cair-kental yang masih nyaman digunakan dan mudah diaplikasikan. Stabilitas busa sebesar 73,75 mm menunjukkan kemampuan pembentukan busa yang sesuai dengan target optimasi.

**Tabel 9.** Prediksi respon formula optimum

Respon	Nilai prediksi
pH	5,0525
Viskositas (cP)	1033,5
Stabilitas busa (%)	73,75
Desirability	0,874

Formula optimum kemudian diuji kembali untuk membandingkan nilai prediksi dengan hasil aktual. Uji konfirmasi dilakukan sebanyak tiga kali replikasi pada kondisi optimum hasil prediksi perangkat lunak.

**Tabel 10.** Hasil uji konfirmasi formula optimum

Replikasi	pH	Viskositas (cP)	Stabilitas Busa (%)
1	5,4	1664,0	72
2	5,1	1677,7	75
3	5,2	1680,3	74
<b>Rata-rata ± SD</b>	<b>5,23 ± 0,15</b>	<b>1674,0 ± 8,76</b>	<b>73,67 ± 1,53</b>

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 10**. Formula optimum memiliki nilai pH rata-rata 5,23. Nilai tersebut masih berada dalam rentang pH aman untuk sediaan sabun cair sehingga tidak berpotensi menyebabkan iritasi kulit [33]. Nilai viskositas rata-rata sebesar 1674,0 cP menunjukkan konsistensi sediaan cukup baik dan stabil. Viskositas yang sesuai akan meningkatkan kenyamanan penggunaan serta mempermudah proses sabun pada kulit [10]. Stabilitas busa rata-rata sebesar 73,68% menunjukkan kemampuan pembentukan busa yang baik dan telah memenuhi persyaratan mutu sabun cair yaitu lebih dari 70% [34].

**Table 2.** Perbandingan Nilai Prediksi dan Aktual Formula Optimum

Respon	Prediksi	Aktual	95% PI Low	95% PI High
pH	5,0525	5,2333	4,8405	5,2645
Viskositas (cP)	1033,5	1674,0	382,379	1684,62
Stabilitas busa (%)	73,75	73,6667	58,4612	89,0388

Hasil pada **Tabel 11**. Menunjukkan bahwa seluruh nilai aktual masih berada dalam rentang *Prediction Interval* (PI) 95%, sehingga model optimasi yang digunakan dinyatakan valid. Kedekatan nilai prediksi dan nilai aktual menunjukkan bahwa perangkat lunak Design-Expert® mampu memprediksi respon formula secara baik [28].

Perbedaan nilai aktual dan prediksi terutama terlihat pada parameter viskositas. Nilai viskositas aktual (1674,0 cP) lebih tinggi dibandingkan nilai prediksi (1033,5 cP), namun masih berada dalam rentang *Prediction Interval* (PI) 95% yaitu 382,379–1684,62 cP. Nilai *Percentage Prediction Error* (%PE) untuk respon viskositas sebesar 61,97%, yang menunjukkan bahwa kemampuan prediksi model terhadap respon viskositas masih memiliki keterbatasan dibandingkan respon pH dan stabilitas busa. Meskipun demikian, nilai viskositas aktual masih berada dalam rentang *Prediction Interval* (PI) 95% dan memenuhi persyaratan mutu viskositas sabun mandi cair, sehingga model tetap dianggap memadai untuk menentukan formula optimum pada penelitian ini. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa viskositas merupakan parameter yang lebih sensitif dibandingkan respon lainnya. Viskositas sabun cair dipengaruhi oleh interaksi antara bahan pengental, sistem surfaktan, homogenitas campuran, serta kondisi proses formulasi [21], [35]. Variasi suhu selama proses pencampuran, kecepatan pengadukan, distribusi bahan dalam sistem, dan proses hidrasi bahan pengental dapat memengaruhi pembentukan struktur internal sediaan sehingga menghasilkan nilai viskositas yang berbeda dari nilai prediksi model [21].

Selain itu, nilai *Coefficient of Variation* (CV) respon viskositas sebesar 38,36% menunjukkan bahwa respon viskositas memiliki tingkat variasi yang relatif tinggi dibandingkan respon lainnya. Temuan ini

menunjukkan bahwa model optimasi masih memadai untuk menentukan kombinasi faktor terbaik dalam penelitian ini, namun akurasi prediksi respon viskositas dapat ditingkatkan pada penelitian selanjutnya melalui pengembangan model dan jumlah percobaan yang lebih besar [23]. Temuan ini menunjukkan bahwa model optimasi masih memadai untuk menentukan kombinasi faktor terbaik dalam penelitian ini, namun akurasi prediksi respon viskositas dapat ditingkatkan pada penelitian selanjutnya melalui pengembangan model dan jumlah percobaan yang lebih besar.

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang dengan waktu fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi kombucha 20% dinyatakan valid serta mampu menghasilkan karakteristik fisik yang baik meliputi pH sesuai kulit, viskositas stabil, dan stabilitas busa yang memenuhi persyaratan mutu sabun cair. Formula ini kemudian digunakan untuk pengujian stabilitas fisik metode *freeze-thaw cycling* dan aktivitas terhadap antibakteri *Staphylococcus aureus*.

### Uji Stabilitas Formula Optimum Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang

Uji stabilitas dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan formula optimum dalam mempertahankan mutu fisik sediaan selama penyimpanan. Parameter yang diamati meliputi organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, dan stabilitas busa karena parameter tersebut berhubungan dengan kestabilan fisik, kenyamanan penggunaan, serta mutu sediaan sabun mandi cair [36], [37].

#### Organoleptik dan Homogenitas

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa formula optimum tetap memiliki warna ungu kebiruan, bau khas, bentuk cair, dan tekstur kental setelah pengujian stabilitas selama 6 siklus *freeze-thaw*. Selain itu, seluruh replikasi menunjukkan sediaan tetap homogen tanpa adanya pemisahan fase maupun pengendapan. Tidak terjadinya perubahan organoleptik dan homogenitas menunjukkan bahwa formula memiliki kestabilan fisik baik selama penyimpanan. Organoleptik dan homogenitas merupakan parameter penting dalam evaluasi sediaan cair karena berhubungan dengan kestabilan fisik dan penerimaan terhadap produk [36].

#### Uji pH

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pH formula optimum sebelum stabilitas berada pada rentang 5,1-5,4 sedangkan stabilitas pada rentang 5,1-5,2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan pH signifikan setelah penyimpanan. Nilai pH diperoleh masih memenuhi persyaratan sabun cair yaitu 4,5-6,5 sehingga aman digunakan pada kulit. Stabilitas pH menunjukkan bahwa formula mampu mempertahankan kestabilan kimia selama penyimpanan serta pH yang sesuai penting untuk menjaga kondisi fisiologis kulit dan meminimalkan risiko iritasi [37].

#### Uji viskositas

Hasil pengujian menunjukkan viskositas formula optimum sebelum stabilitas berkisar 1664,0-1680,3 cP, sedangkan setelah stabilitas berkisar antara 1552,7-1652,7 cP. Meskipun terjadi penurunan viskositas setelah pengujian stabilitas, seluruh hasil masih memenuhi persyaratan viskositas sabun cair yaitu 400-4000 cP. Penurunan viskositas diduga dipengaruhi oleh perubahan suhu selama penyimpanan yang dapat memengaruhi konsistensi sistem sediaan. Namun perubahan tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga tidak memengaruhi mutu fisik sabun cair secara signifikan. Viskositas merupakan parameter penting karena berhubungan dengan konsistensi, kemudahan penggunaan, dan kestabilan sediaan cair [19], [36].

#### Uji stabilitas Busa

Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilitas busa formula optimum sebelum stabilitas berada pada rentang 76,1%-84,4% sedangkan setelah stabilitas berada pada rentang 78,2%-81,4%. Seluruh hasil masih memenuhi persyaratan stabilitas busa sabun cair yaitu lebih dari 70%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa formula masih mampu mempertahankan kemampuan pembentukan busa setelah penyimpanan. Stabilitas busa merupakan parameter mutu fisik sabun cair yang dipengaruhi oleh sistem surfaktan dalam formulasi [19]. Fluktuasi nilai stabilitas busa yang terjadi setelah penyimpanan masih relatif kecil sehingga tidak memengaruhi mutu fisik sediaan secara keseluruhan.

#### Kesimpulan uji stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian stabilitas, formula sabun mandi cair kombucha bunga telang mampu mempertahankan mutu fisik sediaan setelah penyimpanan. Seluruh parameter evaluasi meliputi

organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, dan stabilitas busa masih memenuhi persyaratan mutu sabun mandi cair. Dengan demikian, formula optimum dinyatakan memiliki kestabilan fisik yang baik dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sediaan pembersih berbahan alami.

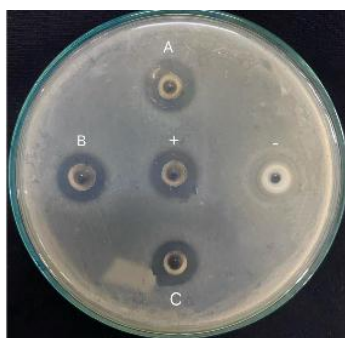
### Aktivitas Antibakteri Formula Optimum Sabun Mandi Cair Kombucha Bunga Telang terhadap *Staphylococcus aureus*

**Tabel 3.** Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Formula Optimum

Sampel	Diameter zona hambat (mm)
Replikasi I	14,0
Replikasi II	13,5
Replikasi III	13,5
Rata-rata ± SD	13,67 ± 0,29
Kontrol positif	14,5
Kontrol negatif	0

Hasil pada **Tabel 12**. Menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar  $13,67 \pm 0,29$  mm. Nilai diameter zona hambat tersebut merupakan diameter total zona hambat yang diukur termasuk diameter sumuran (6 mm) sesuai metode difusi sumuran yang digunakan pada penelitian ini. Kontrol positif menghasilkan diameter zona hambat sebesar 14,55 mm, sedangkan control negative tidak menunjukkan adanya zona hambat. Terbentuknya zona hambat menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dari formula sabun mandi cair kombucha bunga telang terhadap *Staphylococcus aureus*. Tidak terbentuknya zona hambat pada kontrol negatif menunjukkan bahwa basis sabun yang digunakan dalam penelitian ini tidak memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada kondisi pengujian.

Meskipun basis sabun mengandung sistem surfaktan Cocamidopropyl Betaine dan Decyl Glucoside yang berperan dalam proses pembersihan dan pembentukan sistem cleanser, konsentrasi surfaktan dalam basis sabun diduga belum cukup untuk menghasilkan aktivitas antibakteri yang terdeteksi melalui metode difusi sumuran [21]. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas antibakteri yang diamati pada formula optimum terutama berasal dari senyawa bioaktif kombucha bunga telang, bukan dari komponen basis sabun. Terbentuknya zona hambat pada formula optimum dapat dikaitkan dengan keberadaan metabolit hasil fermentasi kombucha dan senyawa bioaktif bunga telang yang berkontribusi terhadap penghambatan pertumbuhan *Staphylococcus aureus* [38], [39].



**Gambar 7.** Hasil uji aktivitas antibakteri formula optimum

**Gambar 7.** Hasil uji aktivitas antibakteri formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi sumuran. A = Replikasi I, B = Replikasi II, C = Replikasi III, (+) = kontrol positif (sabun Lifebuoy), dan (-) = kontrol negatif (basis sabun tanpa kombucha). Terlihat terbentuk zona hambat pada formula optimum dan kontrol positif, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan zona hambat.

Diameter zona hambat yang relatif stabil pada setiap replikasi menunjukkan bahwa formula memiliki konsistensi aktivitas antibakteri yang baik. Berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971) [26], diameter zona hambat 10–15 mm termasuk kategori kuat sehingga formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang tergolong memiliki aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus*

Aktivitas antibakteri formula optimum diduga berasal dari kombinasi senyawa bioaktif yang terdapat dalam kombucha bunga telang. Selama proses fermentasi, kultur SCOBY menghasilkan berbagai metabolit seperti asam organik, senyawa fenolik, dan flavonoid yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri [6], [39]. Asam organik, terutama asam asetat, dapat menurunkan pH lingkungan dan mengganggu keseimbangan fisiologis sel bakteri sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen [39]. Senyawa fenolik dan flavonoid diketahui mampu meningkatkan permeabilitas membran sel, menghambat aktivitas enzim, serta mengganggu proses metabolisme bakteri sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bakteri [38], [39].

Selain berasal dari proses fermentasi, aktivitas antibakteri juga dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) seperti flavonoid, polifenol, dan antosianin. Antosianin merupakan golongan flavonoid utama pada bunga telang yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan. Kehadiran antosianin bersama flavonoid dan polifenol lainnya diduga berkontribusi terhadap aktivitas penghambatan pertumbuhan *Staphylococcus aureus* yang diamati pada penelitian ini [38]. Aktivitas antibakteri yang diamati pada penelitian ini diduga berasal dari kontribusi berbagai senyawa bioaktif yang terdapat dalam kombucha bunga telang, baik yang dihasilkan selama proses fermentasi maupun yang berasal dari bunga telang itu sendiri. Namun, penelitian ini tidak melakukan pengujian secara terpisah terhadap masing-masing komponen maupun uji sinergis, sehingga kontribusi relatif dan kemungkinan interaksi antar senyawa bioaktif tersebut belum dapat ditentukan secara pasti. Diameter zona hambat formula optimum yang mendekati kontrol positif menunjukkan bahwa formula memiliki potensi antibakteri yang baik sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sabun mandi cair berbahan alami.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan faktorial mampu mengidentifikasi kombinasi optimum antara waktu fermentasi dan konsentrasi kombucha bunga telang dalam formulasi sabun mandi cair. Kombinasi waktu fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi kombucha 20% menghasilkan keseimbangan terbaik antara karakteristik fisik dan aktivitas antibakteri. Konsentrasi kombucha yang lebih tinggi cenderung menurunkan pH dan viskositas, sedangkan peningkatan waktu fermentasi tidak selalu menghasilkan peningkatan respon yang diinginkan.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa pengaturan kedua faktor tersebut berperan penting dalam memperoleh formula yang memenuhi persyaratan mutu fisik sekaligus memiliki aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus*. Temuan ini memperkuat potensi kombucha bunga telang sebagai bahan aktif alami dalam pengembangan sabun mandi cair antibakteri. Selain itu, penelitian ini belum mengevaluasi kemungkinan interaksi maupun efek sinergis antara senyawa hasil fermentasi kombucha dan senyawa bioaktif bunga telang. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji mekanisme aktivitas antibakteri secara lebih mendalam, termasuk melalui pengujian sinergis menggunakan metode *Fractional Inhibitory Concentration* (FIC).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, formula optimum sabun mandi cair kombucha bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) berhasil diperoleh menggunakan metode *factorial design* dengan bantuan perangkat lunak Design-Expert®. Formula optimum diperoleh pada waktu fermentasi 10,5 hari dan konsentrasi kombucha 20% dengan nilai desirability sebesar 0,874. Formula optimum memiliki karakteristik fisik yang baik meliputi pH  $5,23 \pm 0,15$ , viskositas  $1674,0 \pm 8,76$  cP, dan stabilitas busa  $73,67 \pm 1,53\%$ . Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai aktual masih berada dalam rentang *Prediction Interval* (PI) 95% sehingga model optimasi dinyatakan valid. Uji stabilitas menggunakan metode *freeze-thaw cycling* selama 6 siklus menunjukkan bahwa formula optimum tetap stabil tanpa perubahan signifikan pada organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, dan stabilitas busa. Selain itu, formula optimum menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar  $13,67 \pm 0,29$  mm yang termasuk kategori kuat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombucha bunga telang berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif alami dalam formulasi sabun mandi cair antibakteri dengan karakteristik fisik yang baik dan stabil. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena uji stabilitas fisik hanya dilakukan pada formula optimum yang diperoleh melalui proses optimasi menggunakan Design-Expert®, tanpa membandingkan stabilitasnya dengan formula lain yang memiliki karakteristik lebih ekstrem, seperti pH terendah atau viskositas tertinggi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini belum dapat menggambarkan secara menyeluruh hubungan antara variasi komposisi formula dan tingkat stabilitas fisik sediaan. Penelitian

lanjutan disarankan untuk melakukan evaluasi stabilitas pada berbagai variasi formula, termasuk formula dengan karakteristik ekstrem, serta melakukan uji stabilitas jangka panjang (*long-term stability*) selama 3–6 bulan guna memperoleh data stabilitas yang lebih komprehensif dan mendukung pengembangan produk pada skala yang lebih luas. Selain itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi keamanan penggunaan melalui uji iritasi kulit, menilai tingkat penerimaan konsumen melalui uji sensori, serta mengkaji efektivitas terhadap mikroorganisme lain guna memperkuat potensi pengembangan produk.

## Konflik kepentingan

Semua penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

## Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta atas fasilitas laboratorium yang disediakan selama pelaksanaan penelitian.

## Referensi

- [1] G. Y. C. Cheung, J. S. Bae, and M. Otto, "Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*," *Virulence*, vol. 12, no. 1, pp. 547–569, 2021, doi: 10.1080/21505594.2021.1878688.
- [2] D. Santosaningsih *et al.*, "Prevalence and characterisation of *Staphylococcus aureus* causing community-acquired skin and soft tissue infections on Java and Bali, Indonesia," *Trop. Med. Int. Heal.*, vol. 23, no. 1, pp. 34–44, 2018, doi: 10.1111/tmi.13000.
- [3] C. L. Ventola, "The antibiotic resistance crisis: causes and threats," vol. 40, no. 4, pp. 277–283, 2015, doi: Article.
- [4] A. M. Marpaung, "Tinjauan manfaat bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) bagi kesehatan manusia," *J. Funct. Food Nutraceutical*, vol. 1, no. 2, pp. 63–85, 2020, doi: 10.33555/jffn.v1i2.30.
- [5] N. Y. J. S. A. T. Lakshan W. P. K. M. Abeysekera and W. K. S. M. Abeysekera, "A commercial potential blue pea (*Clitoria ternatea* L.) flower extract incorporated beverage having functional properties," vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/2916914.
- [6] S. B. S. A. Villarreal-Soto J. Bouajila, J. P. Souchard and P. Taillandier, "Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review," vol. 83, no. 3, pp. 580–588, 2018, doi: 10.1111/1750-3841.14068.
- [7] A. A. I. A. R. Al-Mohammadi R. A. Ibrahim, A. H. Moustafa, A. A. Zeid and G. Enan, "Chemical constitution and antimicrobial activity of kombucha fermented beverage," vol. 26, no. 16, 2021, doi: 10.3390/molecules26165026.
- [8] F. Rezaldi *et al.*, "Pengaruh Metode Bioteknologi Fermentasi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai Antibakteri gram positif dan negatif," *J. BIOTEK*, vol. 9, no. 2, p. 169, 2021, [Online].
- [9] A. S. Husein, F. Rezaldi, M. Herjayanto, R. F. Yenny, and R. A. Humaidi, "Uji Daya Hambat Sabun Mandi Kombucha Bunga Telang Sebagai Produk Bioteknologi Farmasi Terhadap Bakteri *Shigella dysenteriae* Abstrak," vol. 5, no. 1, pp. 23–32, 2024.
- [10] Shakila, P. Hariadi, and T. P. Yuliana, "Formulasi dan Evaluasi Sediaan Sabun Mandi Cair Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Gracinia mangostana* L.) dan Uji Aktivitas terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*," *Sinteza*, vol. 1, no. 2, pp. 41–51, 2021, doi: 10.29408/sinteza.v1i2.5269.
- [11] F. Rezaldi *et al.*, "Antibakteri *Staphylococcus Aureus* dari Sediaan Sabun Mandi Probiotik Kombucha Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Sebagai Produk Bioteknologi," *J. Biotek*, vol. 10, no. 1, pp. 36–51, 2022.
- [12] A. Das, F. Sherin, S. Mathew, and R. S., "Design and Characterisation of Herbal Soap for the Treatment of Acne and Dry Skin: *Factorial design* Approach," *Saudi J. Biomed. Res*, vol. 8, no. 08, pp. 135–139, 2023, doi: 10.36348/sjbr.2023.v08i08.001.
- [13] B. S. Nasional, "sabun mandi cair (SNI 4085:2017)," 2017, 2017.
- [14] A. N. Mfopa, R. Kemzeu, R. Fokom, L. R. Yamthe, D. Dize, and F. F. Boyom, "Phenolic compounds antioxidant and antileishmanial activities of kombucha as affected by fermentation time," vol. 10, no. 22, p. e40463, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40463.
- [15] A. O. Ojo and O. de Smidt, "Microbial Composition , Bioactive Compounds , Potential Benefits and Risks Associated with Kombucha : A Concise Review," 2023.
- [16] M. D. Shinde and S. J. Somani, "Development , Design and Evaluation of Herbal Neem Soap," vol. 1, no. 12, pp. 784–805, 2023, doi: 10.5281/zenodo.10431834.

- [17] A. Das, F. Sherin, S. Mathew, and S. R, "Design and Characterisation of Herbal Soap for the Treatment of Acne and Dry Skin: Factorial design Approach," *Saudi J. Biomed. Res.*, vol. 8, no. 08, pp. 135–139, 2023, doi: 10.36348/sjbr.2023.v08i08.001.
- [18] Badan Standardisasi Nasional, "sabun mandi cair (SNI 4085:2017)." 2017.
- [19] L. Rosmainar, "Formulasi dan Evaluasi Sediaan Sabun Cair dari Ekstrak Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix*) dan Kopi Robusta (*Coffea canephora*) serta Uji Cemar Mikroba," vol. 6, no. 1, pp. 58–67, 2021.
- [20] A. Widyasanti, A. S. Septianur, and S. Rosalinda, "Pembuatan Sabun Cair dengan Menggunakan Bahan Baku Minyak Jarak (Castor oil) dengan Variasi Konsentrasi Infused Oil Teh Putih (*Camelia Sinensis*)," *Jtip Indones.*, vol. 11, no. 01, pp. 11–18, 2019.
- [21] C. Bogdan, D. A. Safta, S. Iurian, D. R. Petrușcă, and M. L. Moldovan, "QbD Approach in Cosmetic Cleansers Research: The Development of a Moisturizing Cleansing Foam Focusing on Thickener, Surfactants, and Polyols Content," *Gels*, vol. 10, no. 8, 2024, doi: 10.3390/gels10080484.
- [22] F. Nugrahaeni, Y. Srifiana, and F. Fauzi, "Formulasi Sabun Mandi Cair Ekstrak Etanol 70% Daun Sirsak (*Annona muricata* L.)," vol. 8, no. 1, pp. 33–43, 2023.
- [23] I. Hidayat Rifky, I. Sopyan, and A. Zuhrotun, "Design-Expert Sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi," *Maj. Farmaksetika*, vol. 6, no. 1, pp. 99–120, 2021.
- [24] S. Indriaty, D. Firmansyah, and P. Sabhika Imany, "Formulation of Liquid Soap From Ethanol Extract of Temu Giring (*Curcuma heyneana*) with Cocamidopropyl Betain Concentration 1,6% and 3,2%," *Agustus*, vol. VI, no. 2, p. 2, 2019.
- [25] D. Satria, E. Sofyanti, P. Wulandari, Fajarini, S. D. Pakpahan, and S. Limbong, "Antibacterial activity of Medan Butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) corolla extract against *Streptococcus mutans* ATCC ® 25175 TM and *Staphylococcus aureus* ATCC ® 6538 TM," vol. 69, pp. 195–202, 2022, doi: 10.3897/pharmacia.69.e77076.
- [26] W. W. Davis and T. R. Stout, "Disc plate method of microbiological antibiotic assay.," *Appl. Microbiol.*, vol. 22, no. 4, pp. 666–670, 1971, doi: 10.1128/aem.22.4.666-670.1971.
- [27] S. A. Villarreal-Soto, S. Beaufort, J. Bouajila, J. P. Souchard, and P. Taillandier, "Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review," *J. Food Sci.*, vol. 83, no. 3, pp. 580–588, 2018, doi: 10.1111/1750-3841.14068.
- [28] I. H. Rifky, I. Sopyan, and A. Zuhrotun, "Design-Expert Sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi," *Maj. Farmaksetika*, vol. 6, no. 1, pp. 99–120, 2021.
- [29] S. Indriaty, D. Firmansyah, and P. S. Imany, "Formulation of Liquid Soap From Ethanol Extract of Temu Giring (*Curcuma heyneana*) with Cocamidopropyl Betain Concentration 1,6% and 3,2%," *Agustus*, vol. VI, no. 2, p. 2, 2019.
- [30] S. D. A. Anggraini, P. R. Suci, and C. I. N. H. S. A. F. M. S. M. Sidoarjo, "Formulasi Dan Uji Mutu Fisik Sabun Cair," *Formulasi dan Uji Mutu Fis. Sediaan Sabun Cair*, no. April 2021, pp. 188–191, 2021.
- [31] D. Mijaljica, J. P. Townley, D. J. Klionsky, F. Spada, and M. Lai, "The Origin, Intricate Nature, and Role of the Skin Surface pH (pHSS) in Barrier Integrity, Eczema, and Psoriasis," *Cosmetics*, vol. 12, no. 1, 2025, doi: 10.3390/cosmetics12010024.
- [32] N. N. Pote, "Evaluation Of Physical Properties Of Liquid Soap Preparations From Virgin Coconut Oil ( VCO ) And Coconut Oil ( CO )," vol. 1, no. April, pp. 1–8, 2019.
- [33] S. Dewi Ayu Anggraini, P. Ratih Suci, and C. Ikhdha Nur Hamida Safitri Akademi Farmasi Mitra Sehat Mandiri Sidoarjo, "Formulasi Dan Uji Mutu Fisik Sabun Cair," *Formulasi dan Uji Mutu Fis. Sediaan Sabun Cair*, no. April 2021, pp. 188–191, 2021.
- [34] Z. Masyithah, H. Habib, M. Z. Sitepu, M. A. P. Ginting, and A. S. Ramadhan, "Analysis Of Ph, Foam Stability, And Antioxidant Activity In Soap Formulation From Extract Of Pedada Leaves (*Sonneratia Caseolaris*) And Pandan Leaves (*Pandanus Amaryllifolius*)," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 19, no. 16, pp. 1069–1079, 2024, doi: 10.59018/082438.
- [35] E. Setyowati, N. Fadhillah, H. Nisa, and N. Nasriyah, "Physical stability test of liquid facial soap formulation of citronella extract (*Cymbopogon nardus* L.)," *J. Ilm. Farm. (Scientific J. Pharmacy)*, vol. 21, no. 1, pp. 1–10, 2025.
- [36] E. Setyowati, N. Fadhillah, H. Nisa, and N. Nasriyah, "Physical stability test of liquid facial soap formulation of citronella extract (*Cymbopogon nardus* L.)," *J. Ilm. Farm. (Scientific J. Pharmacy)*, vol. 21, no. 1, pp. 1–10, 2025, [Online]. Available: <http://journal.uui.ac.id/index.php/JIF>
- [37] R. L. McMullen, T. Schiess, L. Kulcsar, L. Foltis, and T. Gillece, "Evaluation of the surface properties of hair with acoustic emission analysis," *Int. J. Cosmet. Sci.*, vol. 43, no. 1, pp. 88–101, 2021, doi: 10.1111/ics.12672.
- [38] E. S. D. Satria P. Wulandari, Fajarini, S. D. Pakpahan and S. Limbong, "Antibacterial activity of Medan Butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) corolla extract against *Streptococcus mutans* ATCC ® 25175 TM and *Staphylococcus aureus* ATCC ® 6538 TM," vol. 69, pp. 195–202, 2022, doi: 10.3897/pharmacia.69.e77076.
- [39] J. Hou *et al.*, "Antimicrobial potential of kombucha against foodborne pathogens: A review," *Qual. Assur. Saf. Crop. Foods*, vol. 13, no. 3, pp. 53–61, 2021, doi: 10.15586/QAS.V13I3.920.