

Tinjauan Penggunaan Membran Selofan Pada Uji Permeasi In Vitro Menggunakan Sel Difusi Franz

Cellophane Membranes In In Vitro Permeation Studies Using Franz Diffusion Cells: A Review

Nessa Ramawati Jamin¹, Novia Tri Astuti², Puspa Dwi Pratiwi^{3*}

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, 36122, Indonesia. Email: nessaramawati@gmail.com

²Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, 36122, Indonesia. Email: noviatriastuti@unja.ac.id

³Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Jambi, 36122, Indonesia. Email: puspadwipratiwi@unja.ac.id

Abstrak

Sistem penghantaran obat secara transdermal memerlukan evaluasi permeasi untuk memastikan efektivitas dan keamanan formulasi sebelum diaplikasikan secara klinis. Uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz merupakan metode yang banyak digunakan pada tahap awal pengembangan sediaan karena mampu menggambarkan profil pelepasan dan difusi obat secara terkontrol. Salah satu membran sintesis yang sering dimanfaatkan dalam sistem ini adalah membran selofan yang bersifat semipermeabel, mudah diperoleh, serta memberikan kondisi pengujian yang lebih reproduksibel dibandingkan membran biologis. Meskipun membran selofan telah banyak digunakan, belum terdapat tinjauan sistematis yang mengkaji variasi metode, parameter evaluasi, serta implikasi perbedaan tersebut terhadap interpretasi hasil permeasi. Artikel ini bertujuan untuk meninjau penggunaan membran selofan pada uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz serta menganalisis parameter yang digunakan dalam pelaporan hasil. Metode yang digunakan berupa literature review melalui penelusuran Google Scholar dengan kata kunci terkait membran selofan, difusi Franz, dan permeasi *in vitro* pada rentang tahun 2021–2026. Hasil telaah menunjukkan bahwa membran selofan digunakan pada berbagai bentuk sediaan seperti gel, patch transdermal, emulgel, sistem vesikular, nanosponge, hingga nanopartikel lipid padat dengan kondisi pengujian umumnya menggunakan buffer fosfat pH 6,8–7,4 pada suhu 32–37°C dan variasi waktu sampling hingga 24 jam atau lebih. Parameter yang paling banyak dilaporkan adalah persentase *cumulative drug release*, jumlah kumulatif obat terpermeasi, dan nilai fluks. Peningkatan permeasi umumnya dipengaruhi oleh komposisi formulasi, penambahan *enhancer*, serta sistem penghantaran yang digunakan. Secara keseluruhan, membran selofan efektif sebagai model difusi awal yang praktis dan fleksibel, namun tidak sepenuhnya merepresentasikan karakteristik fisiologis kulit biologis.

Kata kunci: selofan; permeasi; difusi; franz; *in vitro*.

Abstract

Transdermal drug delivery systems require permeation evaluation to ensure the effectiveness and safety of formulations before clinical application. In vitro permeation testing using the Franz diffusion cell is a widely used method in the early stages of formulation development, as it can describe the drug release and diffusion profile in a controlled manner. One of the synthetic membranes commonly utilized in this system is the cellophane membrane, which is semipermeable, easily obtainable, and provides more reproducible testing conditions compared to biological membranes. This article aims to review the use of cellophane membranes in in vitro permeation studies using Franz diffusion cells and to analyze the parameters reported in the results. The method employed is a literature review conducted through Google Scholar using keywords related to cellophane membranes, Franz diffusion, and in vitro permeation within the period of 2021–2026. The review results indicate that cellophane membranes are used in various dosage forms such as gels, transdermal patches, emulgels, vesicular systems, nanosponges, and solid lipid nanoparticles, with testing conditions generally involving phosphate buffer pH 6.8–7.4 at temperatures of 32–37°C and sampling times up to 24 hours or longer. The most frequently reported parameters include percentage of cumulative drug release, cumulative amount of drug permeated, and flux values. Permeation enhancement is generally influenced by formulation composition, the addition of enhancers, and the type of delivery system used.

Keywords: *cellophane; permeation; diffusion; franz; in vitro.*

*Corresponding author: Puspa Dwi Pratiwi, Universitas Alma Ata, Yogyakarta, Indonesia.

E-mail : puspadwipratiwi@unja.ac.id

Doi :

Received : March 30, 2026, Accepted: April 15, 2026, Published: April 30, 2026

Copyright: © 2026 Puspa Dwi Pratiwi (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Sistem penghantaran obat melalui kulit (transdermal) telah banyak dikembangkan sebagai alternatif untuk meningkatkan efektivitas terapi. Metode ini dapat meningkatkan bioavailabilitas obat, bersifat noninvasif dalam pemberian agen terapeutik, lebih nyaman bagi pasien, dan membantu meminimalkan efek samping obat[1]. Namun, dalam aplikasinya, obat harus mampu menembus kulit yang berfungsi sebagai garis pertahanan pertama tubuh. Sebagai organ terbesar dengan fungsi protektif, kulit secara alami membatasi penetrasi zat asing, termasuk obat[2]. Oleh karena itu, evaluasi kemampuan obat untuk berdifusi dan berpermeasi melewati suatu membran menjadi langkah penting dalam pengembangan sistem penghantaran obat transdermal.

Uji permeasi secara *in vitro* banyak digunakan sebagai metode awal untuk mengevaluasi pelepasan dan transport obat, sekaligus menilai profil keamanan serta efektivitasnya[3]. Salah satu metode yang umum digunakan adalah sel difusi Franz, yang berfungsi sebagai model untuk mempelajari proses difusi obat melalui membran dan memungkinkan perhitungan jumlah kumulatif obat yang terpermeasi serta persentase zat aktif[4]. sel difusi Franz dikenal sebagai alat yang sederhana namun fleksibel karena dapat digunakan dengan berbagai jenis membran, kondisi percobaan, dan formulasi obat. Selain itu, sel difusi Franz sudah divalidasi dan distandarisasi, sehingga diterima secara luas oleh badan pengatur dan industri[5].

Berbagai jenis membran dapat digunakan dalam sistem sel difusi Franz, baik membran biologis seperti kulit manusia dan kulit hewan maupun membran sintesis. Diantara tiga jenis membran tersebut, kulit manusia dan kulit hewan paling banyak digunakan karena mendekati kulit manusia secara *in vivo*, tetapi memiliki keterbatasan seperti biaya dan ketersediaan kulit manusia serta pertimbangan etis untuk penggunaan kulit hewan[6]. Oleh karena itu, membran sintesis sering digunakan sebagai alternatif dalam studi permeasi *in vitro*. Membran sintesis ini berfungsi untuk memisahkan sediaan semi-padat dari medium pelepasan, menjaga luas permukaan difusi tetap konstan, serta memungkinkan penetrasi air dan difusi keluar molekul obat. Membran sintesis yang ideal untuk uji pelepasan *in vitro* sebaiknya tidak menjadi faktor pembatas laju difusi obat, tidak berinteraksi atau mengikat zat aktif, serta kompatibel dengan formulasi selama proses pengujian berlangsung[7]. Salah satu membran sintesis yang umum digunakan adalah selofan, yang merupakan membran semipermeabel[8]. Penggunaan selofan memungkinkan evaluasi proses difusi obat dalam kondisi yang lebih terkontrol dan reproduktibel, sehingga cocok digunakan untuk studi awal dalam menilai karakteristik pelepasan dan permeasi obat.

Meskipun demikian, penggunaan membran selofan dalam uji permeasi *in vitro* menunjukkan variabilitas antar penelitian, baik dalam hal desain eksperimen, kondisi pengujian, parameter evaluasi serta interpretasi hasil yang digunakan. variasi tersebut meliputi perbedaan jenis sediaan, kandungan, pH dan jenis medium reseptor, suhu pengujian, durasi sampling, hingga parameter yang dilaporkan seperti jumlah kumulatif obat terpenetrasi, fluks, dan koefisien permeabilitas. Variabilitas metodologis ini menimbulkan kesenjangan ilmiah karena hingga saat ini belum terdapat kajian sistematis mengidentifikasi pola penggunaan membran selofan serta membandingkan parameter pelaporan yang digunakan dalam berbagai studi. Selain itu, perbedaan parameter dan kondisi uji tiap penelitian juga dapat berdampak pada interpretasi hasil permeasi terutama dalam menilai efektivitas formula atau sistem penghantaran. Tanpa pemahaman yang komprehensif terhadap variasi tersebut, terdapat resiko bias dalam menarik kesimpulan terkait kemampuan penetrasi zat aktif dari suatu sediaan.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan tinjauan literatur yang tidak hanya mendeskripsikan penggunaan membran selofan, tetapi juga secara sistematis mengkaji variasi desain eksperimen, kondisi pengujian serta parameter yang dilaporkan sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih terstruktur dan mendukung interpretasi hasil yang lebih akurat. Oleh karena itu, tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan membran selofan pada uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz, serta menganalisis parameter yang digunakan dalam pelaporan hasil permeasi.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah literatur review menggunakan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan antara lain membrane selofan, difusi franz, permeasi, dan permeasi *in vitro* dengan tahun penelusuran 6 tahun terakhir (2021-2026).

3. HASIL

Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang telah dilakukan, diperoleh sejumlah artikel penelitian yang menggunakan membran selofan dalam uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz. Studi-studi tersebut mencakup berbagai zat aktif dalam berbagai bentuk sediaan farmasi seperti gel, emulgel, patch transdermal, hingga sistem penghantaran berbasis nanopartikel dan juga dalam bentuk zat aktif murni, dengan variasi kondisi pengujian dan parameter evaluasi yang digunakan. Untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis, ringkasan penelitian tersebut disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Penelitian penggunaan membran selofan pada uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz.

| Penulis | Obat | Setup Difusi Franz | Paramater Hasil | Hasil Utama |
|--------------------|--------------------------|--|--|---|
| Sainy et al. [9] | Desoximetasone Emulgel | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 7 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi emulgel DE3 menunjukkan nilai permeasi yang paling tinggi dibanding formula yang lain dikarenakan pelepasan desoximetasone dari emulgel bergantung pada konsentrasi lidah bauta dan propilen glikol yang digunakan sebagai basis gel dan peningkat penetrasi. |
| Sami et al.[10] | Acyclovir Gel Mikrosomal | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 24 jam | Kumlah kumulatif obat terpermeasi (Q), <i>steady-state flux</i> (Jss), koefisien permeabilitas (Kp), dan <i>enhancement ratio</i> (ER) | Formulasi P5 menunjukkan permeasi yang paling tinggi dibandingkan formula yang lain dikarenakan perbedaan konsentrasi nerolidol yang dapat memperbaiki fluks dan permeabilitas obat. |
| Lakshmi et al.[11] | Sitagliptin Liposom | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu ruang; durasi sampling 8 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F6 menunjukkan pelepasan obat yang tertinggi dikarenakan memiliki komposisi yang paling optimal. |
| Ali et al.[12] | Azadirachta Indica patch | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 21 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F4 menunjukkan pelepasan obat tertinggi karena sifat hidrofilik HPMC K100M. |
| Thakar et | Natural | Difusi Franz | <i>Percentage</i> | Formulasi A menunjukkan pelepasan |

| | | | | |
|--------------------------|--|--|---|---|
| al.[13] | (seasamin, aloemodin, asam galat, katekin, butein, 6-gingerol dan kurkumin) Liposom Gel | Vertikal; reseptor buffer fosfat pH 6,8; suhu 32OC; durasi sampling 6 jam | <i>cumulative drug release</i> | yang baik dibandingkan formulasi B dikarenakan memiliki viskositas yang rendah dan jumlah polimer yang optimal |
| Rawat dan Dewan [14] | Brisoprolol Fumerate | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 6,8; suhu 37OC; durasi sampling 24 jam | <i>Percentage drug release</i> | Formulasi F1 menunjukkan profil pelepasan tertinggi dibandingkan formulasi lain karena adanya perbedaan komposisi formulasi |
| Lekshmi et al.[15] | Aceclofenac Gel | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 4 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F3C2 menunjukkan profil pelepasan yang baik dibandingkan formulasi lain karena memiliki konsentrasi gelling agent yang seimbang sehingga viskositasnya optimal untuk mendukung pelepasan obat. |
| Madhavi et al.[16] | Itraconazole Gel | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC ; durasi sampling 8 jam | <i>Percentage drug permeated</i> | Formulasi F4 menunjukkan pelepasan obat yang tertinggi dibandingkan formulasi lain dikarenakan menggunakan enhancer asam oleat yang memiliki aktivitas peningkatan penetrasi terkuat diantara lima enhancer lainnya. |
| Vashist dan Gadewar[17] | Kukurmin Proniosomal Gel | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 6,8; suhu 37OC; durasi sampling 8 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Pelepasan Mucoadhesive Proniosomal Gel (TC-CPNG) lebih lambat dibandingkan Conventional Proniosome Gel (CPNG) karena gel Thiolated Chitosa (TCS) yang mengelilingi niosom membentuk penghalang tambahan, sehingga obat hidrofobik dilepaskan secara tertentuda dan memberikan efek jangka panjang |
| Chhoda dan Jadkar[18] | Buclizine Dihydrochloride Patch | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; ; suhu 32OC; durasi sampling 12 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F3 menunjukkan pelepasan kumulatif Buclizine Dihydrochloride tertinggi dibandingkan formulasi lain karena mengandung konsnetrasi tertentu dan Dimethyl Sulfoxide sebagai enhancer |
| Sailaja dan Bhupalam[19] | Loratadine Niosomes | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 32OC; durasi sampling 42 | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi Loratadine Niosomes-16 menunjukkan pelepasan loratadine yang lebih meningkat dibandingkan dengan control dan formulasi lainnya karena memiliki encapsulation efficiency tertinggi dan secara |

| | | | | |
|-----------------------|--|--|---|---|
| | | jam | | signifikan meningkatkan koefisien permeabilitas loratadine |
| Noothi et al.[20] | Luliconazole Nanosponge Gel | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; durasi sampling 8 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Hasil dari pelepasan obat <i>in vitro</i> menunjukkan formula F5 memiliki pelepasan yang paling tinggi dibandingkan formula lain |
| Hutami et al.[21] | Pickering Emulsion Diclofenac Diethylamine | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 2 jam | <i>Cumulative penetration percentage</i> | Pickering emulsion dengan soybean oil memiliki penetrasi tertinggi dibandingkan formula lain dikarenakan soybean oil kaya akan asam lemak rantai panjang dan lesitin sehingga dapat mengurangi tegangan permukaan dalam sistem emulsi. |
| Andini et al.[22] | Ketoprofen Patch | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7; suhu 37OC; durasi sampling 6 jam | <i>Cumulative amount (Q), flux value</i> | Formula B menunjukkan penetrasi ketoprofen lebih tinggi dibandingkan formula lain, formula B menggunakan aloe vera 5% sebagai bioenhancer. |
| Marchande et al.[23] | Luliconazole | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 5,5 dan methanol; suhu 37OC; durasi sampling 2,5 jam | <i>Percentage drug release</i> | Pelepasan obat pada formulasi F5 menunjukkan yang tertinggi karena konsentrasi urea yang dimasukkan ke dalam formulasi sebagai peningkat permeasi. |
| Soni et al.[24] | Quetiapine Patch | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 24 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Pelepasan obat tertinggi terjadi pada formulasi QTP9 karena kombinasi mineral oil dalam sistem polimerik meningkatkan difusi obat melalui membran. |
| Srivastava et al.[25] | Spray Octenidine Dihydrochloride dan Benzalkonium Chloride | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 6,8; suhu 37OC; durasi sampling 24 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F6 menunjukkan pelepasan obat tertinggi dibandingkan formulasi lain karena komposisi optimal 4% PVA dan 3% gliserin membentuk matriks polimer seimbang yang mengontrol difusi obat sambil mempertahankan poristas dan fleksibilitas untuk pelepasan terkontrol. |
| Soleimani et al.[26] | Nanopartikel Lipid Padat Doxepin Hydrochloride | Sel Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 24 | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Obat dalam bentuk larutan lebih cepat melewati membrane dibandingkan dalam bentuk nanopartikel padat karena nanopartikel lipid padat membungkus obat sehingga dapat memperlambat pelepasan obat. |

| | | jam | | |
|---------------------------|--|--|--|---|
| Sautina et al [27] | Mikroemulsi dan kristal cair liotropik dengan komposisi bis(2-etilheksil) natrium sulfosuksinat (AOT), air, dan isopropil miristat | Sel Difusi Franz; reseptor larutan ringer pH 7,3-7,4; suhu 37OC; durasi sampling 6 jam | <i>The concentration of the target component (C), cumulative amount (Q), percentage of released cytochrome (%)</i> | Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kristal cair melepaskan sitokrom C lebih lambat dibandingkan dengan mikroemulsi yang disebabkan oleh viskositas yang lebih tinggi serta struktur yang lebih teratur pada sistem kristal cair. Analisis menggunakan spektroskopi <i>circular dichroism</i> menunjukkan bahwa struktur protein tetap stabil setelah proses pelepasan. |
| Subedi et al [28] | Patch Transdermal Tipe Matriks Natrium Diklofenak | Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 5,8; suhu 37OC; durasi sampling 12 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi F9 menunjukkan persen permeasi kumulatif tertinggi, yaitu sebesar 84,12%, sehingga dapat dianggap sebagai formulasi paling optimal. Hal ini dikarena penggunaan dimetil sulfoksida dalam konsentrasi tinggi yang mampu meningkatkan permeasi obat dengan cara mengganggu struktur lipid membran dan meningkatkan kelarutan obat. |
| Soujith dan Jawaha [29] | Terbinafine HCl Film-Forming Spray | Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 5,5; suhu 37OC; durasi sampling 7 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi terbaik pada penelitian ini adalah Batch 10, karena memiliki permeabilitas tertinggi yaitu 97,19% dalam 7 jam. Hal ini menunjukkan bahwa obat paling efektif menembus membran/kulit. Penyebabnya adalah konsentrasi peningkat permeasi (campuran eutektik) yang lebih tinggi sehingga membantu obat lebih mudah berdifusi, sementara konsentrasi polimer tidak terlalu tinggi sehingga tidak menghambat pelepasan obat. |
| Albasri [30] | Tolnaftate Microsponges | Difusi Franz Vertikal; reseptor buffer fosfat pH 5,8; suhu 37OC; durasi sampling 8 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi yang lebih baik adalah TNFMG (tolnaftate microsphere gel) karena mampu memberikan pelepasan obat secara bertahap hingga 8 jam, sehingga efek terapi dapat berlangsung lebih lama. Hal ini disebabkan oleh struktur microsphere yang dapat menahan obat dan melepaskannya secara perlahan, berbeda dengan TNFMC (krim komersial) yang melepaskan obat lebih cepat sehingga efeknya tidak bertahan lama. |
| Abdelwahd dan Rasool [31] | Hydrocortisone Transfersomes | Difusi Franz Vertikal; reseptor buffer | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Penelitian ini menunjukkan F15 dipilih sebagai formulasi terbaik karena memberikan pelepasan obat |

| | | | | |
|------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| | | fosfat pH 7,4; suhu 32OC; durasi sampling 8 jam | | paling tinggi, signifikan secara statistik, dan didukung oleh efisiensi penyerapan yang baik, sehingga performa sistem penghantaran obatnya paling optimal dibanding formulasi lain |
| Doshi et al [32] | Luliconazole Nanofibers | Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 5,5; suhu 37OC; durasi sampling 48 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Penelitian ini menunjukkan Luliconazole dengan PVA nanofibers menunjukkan pelepasan obat yang lebih baik karena mampu mencapai 100% pelepasan dalam 48 jam dan memiliki retensi lebih lama di kulit, dibandingkan krim yang hanya 56% dalam 24 jam. |
| Divya et al [33] | Ibuprofen Loaded Transfersosomal Gel | Difusi Franz; reseptor buffer fosfat pH 7,4; suhu 37OC; durasi sampling 6 jam | <i>Percentage cumulative drug release</i> | Formulasi terbaik adalah IG3 , karena menunjukkan pelepasan obat paling tinggi dibanding IG1 dan IG2, sehingga memiliki kemampuan difusi dan penghantaran obat yang paling optimal. |

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil telaah literatur yang dilakukan, membran selofan banyak dimanfaatkan sebagai membran sintesis dalam pengujian permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz. Pemanfaatan selofan umumnya digunakan untuk menilai profil difusi dan pelepasan obat pada kondisi eksperimental yang lebih terkendali serta memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih baik dibandingkan penggunaan membran biologis [9-12,19]. Beragam bentuk formulasi telah diuji dengan membran ini, antara lain gel, patch transdermal, emulgel, sistem vesikular, hingga sistem berbasis nanopartikel [16,18,22]. Penggunaan membran selofan juga telah berkembang pada sistem penghantaran modern seperti mikroemulsi, kristal cair liotropik, microsponge, nanofiber, dan transfersosome [23-33].

Selain variasi jenis sediaan, studi yang dianalisis juga memperlihatkan perbedaan dalam rancangan pengujian, seperti lamanya waktu permeasi yang berkisar dari beberapa jam hingga lebih dari 24 jam, serta penggunaan konfigurasi sel difusi Franz baik vertikal maupun horizontal [12,26]. Beberapa studi terbaru durasi pengujian dapat mencapai hingga 48 jam untuk mengevaluasi sistem pelepasan terkontrol jangka panjang [32]. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa membran selofan dapat diterapkan dalam berbagai skema pengujian tanpa memerlukan prosedur khusus sebagaimana pada penggunaan jaringan biologis.

Terkait parameter yang digunakan, sebagian besar penelitian menggunakan nilai *cumulative drug release* (%) dan jumlah kumulatif obat yang terpermeasi sebagai parameter utama [10-11,22]. Beberapa studi juga melaporkan nilai fluks serta model kinetika pelepasan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai mekanisme difusi obat [17,26]. Beberapa penelitian juga menambahkan parameter seperti koefisien permeabilitas (K_p), enhancement ratio (ER), serta konsentrasi obat untuk mengevaluasi performa sistem secara lebih mendalam [10,23,27]. Perbedaan parameter yang dilaporkan pada masing-masing penelitian kemungkinan berkaitan dengan variasi tujuan penelitian, jenis sediaan yang diuji, serta aspek yang ingin dievaluasi oleh peneliti. Beberapa studi lebih berfokus pada profil pelepasan obat secara umum, sementara yang lain mengarah pada analisis mekanisme difusi secara lebih rinci. Hal tersebut menunjukkan bahwa pelaporan hasil permeasi menggunakan membran selofan belum memiliki format yang benar-benar seragam. Oleh karena itu, perbandingan antar penelitian sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan latar belakang dan rancangan percobaan yang digunakan pada masing-masing studi.

Lebih lanjut, peningkatan permeasi obat pada berbagai studi umumnya dikaitkan dengan modifikasi komposisi formulasi, seperti penambahan *enhancer*, perubahan basis sediaan, atau penggunaan sistem penghantaran tertentu yang mampu meningkatkan kelarutan serta distribusi obat [10,16,18]. Penggunaan dimetil sulfoksida, urea, minyak, serta sistem vesikular dan nanopartikel dilaporkan dapat meningkatkan permeasi atau mengontrol pelepasan obat [23-24,28-29]. Sebaliknya, beberapa sistem seperti nanopartikel lipid padat dan microspunge menunjukkan pelepasan yang lebih lambat dan terkontrol akibat struktur matriks yang mampu menahan obat [26,30]. Meski demikian, perlu diperhatikan bahwa membran selofan tidak memiliki struktur lipid kompleks sebagaimana kulit biologis, sehingga hasil yang diperoleh lebih mencerminkan proses difusi dasar dibandingkan simulasi penetrasi kulit secara fisiologis.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa walaupun membran selofan telah banyak diaplikasikan dalam studi permeasi *in vitro*, pembahasan yang secara khusus mengkaji pola penggunaannya serta keseragaman parameter pelaporan masih relatif terbatas. Oleh karena itu, tinjauan ini berupaya memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai pemanfaatan membran selofan dalam sistem sel difusi Franz.

5. KESIMPULAN

Membran selofan banyak digunakan dalam uji permeasi *in vitro* menggunakan sel difusi Franz karena dinilai praktis, fleksibel, serta mampu memberikan kondisi pengujian yang lebih terkontrol dan reproduktibel. Parameter yang paling umum digunakan meliputi *cumulative drug release* dan nilai fluks. Selofan efektif sebagai model difusi awal, tetapi tidak secara keseluruhan menggambarkan karakteristik kulit biologis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Jambi yang telah memberikan dana hibah penelitian Dana PNBPF Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Skema Penelitian Dosen Pemula dengan surat perjanjian pelaksanaan penelitian Nomor 322/UN21.11/PT.01.05/SPK/2025.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shah SWA, Li X, Yuan H, Shen H, Quan S, Pan G, Ishfaq M, Shah AU, Xie H, Shao J. Innovative Transdermal Drug Delivery Systems: Benefits, Challenges, and Emerging application. *BMEMat*. 2025;3(4):1–31. doi:10.1002/bmm2.70001
2. Vaseem RS, D'Cruz A, Shetty S, Hafsa, Vardhan A, Shenoy S, Marques SM, Kumar L, Verma R. Transdermal Drug Delivery Systems: A Focused Review of the Physical Methods of Permeation Enhancement. *Adv Pharm Bull*. 2024;14(1):67–85. doi:10.34172/apb.2024.018
3. Brighenti MDS, Montanheri LRDS, Duque MD, Filho NA, Lopes PS, Garcia MTJ, Mackenzie L, Silva VRL. In Vitro Drug Release and Ex Vivo Dermal Drug Permeation Studies of Selected Commercial Benzoyl Peroxide Topical Formulations: Correlation Between Human and Porcine Skin Models. *Mol Pharm*. 2025;22(3):1365–72. doi:10.1021/acs.molpharmaceut.4c01058
4. Arti NT, Rosmiati M, Farmasi PS, Ganesha PP. Study Permeasi Sediaan Serum Pencerah yang Beredar Di Kota Cimahi. *Journal of Pharmacy Student*. 2024;2(3):61–7.
5. Lunter D, Klang V, Eichner A, Savic SM, Savic S, Lian G, Erd F. Progress in Topical and Transdermal Drug Delivery Research — Focus on Nanoformulations. *Pharmaceutics*. 2024;16(817):1–51.
6. Haq A, Dorrani M, Goodyear B, Joshi V, Kohn BM. Membrane Properties for Permeability Testing: Skin versus Synthetic Membranes Department of Pharmaceutics, Ernest Mario School of Pharmacy, Rutgers, The State University Center for Dermal Research, Life Sciences Building, Rutgers, The State Univer. *Int J Pharm*. 2018;539(1):58–64. doi:10.1016/j.ijpharm.2018.01.029
7. Saribey G, Kahraman E, Gungor S. European Journal of Pharmaceutical Sciences Synthetic membrane selection for in vitro release testing (IVRT): A case study of topical mometasone furoate semi-solid dosage forms. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2024;203:1–8. doi:10.1016/j.ejps.2024.106934
8. Nurdianti L, Kushernawati I, Fathurohman M, Setiawan F, Hidayat T. Aktivitas Antibakteri Gel Transdermal Ektstrak Daun Sirih Hijau (Piper Betle L.) Terhadap Bakteri Staphylococcus Epidermidis. *Journal of Pharmacopolium*. 2022;5(1):96–104. doi:10.36465/jop.v5i1.889
9. Sainy J, Atheriya U, Kori JL, Maheshwari R. Development of an Aloe vera -based Emulgel for the Topical Delivery of Desoximetasone. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2021;18(4):465–75. doi:10.4274/tjps.galenos.2020.33239
10. Sami AHB, Rathi JC, Sharma R. Formulation and Evaluation of Acyclovir Loaded Microsomal Gel. *World J Pharm Res*. 2021;10(11):1425–42. doi:10.20959/wjpps202111-21362

11. Lakshmi MRK, Priya NL, Asuntha G. Formulation and Evaluation of Sitagliptin Liposomes. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2022;10(2):191–207.
12. Ali A, Singh MK, Islam MU. Optimization and Characterization of Azadirachta Indica Loaded Transdermal Patches Preparation. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2022;6(5):8771–81.
13. Thakar B, Agarwal A, Rawal RM. Formulation and Evaluation of Natural Liposomal Gel for Breast Cancer. *Journal of Scientific Research*. 2022;14(1):333–41.
14. Rawat S, Dewan G. Formulation Development and Evaluation of Brisoprolol Fumerate Transdermal Drug Delivery System. *World J Pharm Res*. 2022;11(4):1769–89. doi:10.20959/wjpr20224-23677
15. Lekshmi S, Jose T, Mathews MM, Ramalingam B. *Journal of Innovations in Applied Pharmaceutical Science [JIAPS]*. *Journal of Innovations in Applied Pharmaceutical Science*. 2023;8(3):114–9.
16. Madhavi N, Sudhakar B, Sravani U. Development and Evaluation of Itraconazole Solid Dispersion Gel Cutaneous Delivery. *International Journal of Applied Pharmaceutics*. 2023;15(6):334–41.
17. Vashist S, Gadewar MM. Preparation and Characterization of Mucoadhesive Proniosomal Gel of Curcumin with Thiolated Chitosan for the Treatment of Oral Mucositis. *Int J Pharm Investig*. 2023;13(3):666–72. doi:10.5530/ijpi.13.3.083
18. Chhoda KR, Jadkar SS. Formulation and Evaluation of Transdermal Patches of Buclizine Dihydrochloride. *World J Pharm Res*. 2023;12(11):1065–80. doi:10.20959/wjpr202311-28835
19. Sailaja C, Bhupalam PK. A Box Behnken Design Optimized Nano Vesicular Transdermal Patch for Allergies. *Int J Pharm Investig*. 2024;14(1):68–75. doi:10.5530/ijpi.14.1.10
20. Noothi S, Malothu N, Areti AR, Pulavarthy V. Formulation and Evaluation of Luliconazole Nanosponge Gel Using Experimental Design. *Indonesian Journal of Pharmacy*. 2024;35(2):211–8.
21. Hutami SN, Kuncahyo I, Sulaiman TNS. Influence of Solid Particle and Soybean Oil Pickering Emulsion Diclofenac Diethylamine Using Taguchi Method. *Jurnal Kimia Riset*. 2024;9(1):20–30.
22. Andini S, Rustiani E, Lathifah U. Formulation and In-Vitro Penetration Test of Ketoprofen Patch with Addition Aloe vera Powder (Aloe vera L .) Bioenhancer. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 2024;14(1):51–8.
23. Marchande D, Vasave A, Waghmare A, Wanghamare S, Wani A, Yadav S, Jain A. Formulation and Evaluation of Medicated Nail Lacquer for the Treatment of Onychomycosis. *Int J Pharm Biol Sci*. 2024;14(1):26–34.
24. Soni R, Jain AK, Jain UK. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*. 2025;13(1):15–20.
25. Srivastava R, Priya NS, Bharati DK, Kumar S, Kumar R, Mehta FF, Sarkar B, Kumar J. Development And In Vitro Evaluation Of A Polymer-Based Topical Film-Forming Spray Incorporating Octenidine Dihydrochloride And Benzalkonium Chloride For Advanced Antiseptic Applications. *International Journal of Environmental Sciences*. 2025;11(12):564–73.
26. Soleimani V, Sardou HS, Delghandi PS, Sadeghi F, Garekani HA, Nokhodchi A, Abbaspour M. Preparation and Characterization of Solid Lipid Nanoparticles (SLNs) Containing Doxepin Hydrochloride To Enhance the Topical Delivery Through Rat Skin. *Bionanoscience*. 2026;16(150):1–14.
27. Sautina N V, Nikiforov VG, Shmelev AG, Kudryavtseva EO, Galyametdinov YG. Development and study of biotransport systems based on soft materials with controlled supramolecular organization for the delivery of cytochrome C. *J Mol Liq*. 2026;(February):1–12. doi:10.1016/j.molliq.2026.129385
28. Subedi E, Kandwal M, Patil S. Effect of Penetration Enhancers on the Development and Evaluation of Matrix Type Transdermal Patch of Diclofenac Sodium. *Pharmacy Practice and Research*. 2022;2(2):18–32.
29. Soujith NBS, Jawahar N. Terbinafine HCl Film-Forming Spray for the Treatment of Topical Fungal Infections. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*. 2023;57(1):85–97. doi:10.5530/ijper.57.1s.10
30. Albasri OWA. Formulation and Assessment of Tolnaftate Microsponges for Topical Medication Deliverance. *South Asian Research Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2024;6(6):176–82.
31. Abdelwahd A, Rasool BKA. Optimizing and Evaluating the Transdermal Permeation of Hydrocortisone Transfersomes Formulation Based on Digital Analysis of the. *Recent Adv Drug Deliv Formul*. 2022;16:122–44. doi:10.2174/2667387816666220608115605
32. Doshi A, Prabhakar B, Wairkar S. Prolonged Retention of Luliconazole Nanofibers for Topical Mycotic Condition: Development, In Vitro Characterization and Antifungal Activity Against Candida albicans. *Journal of Materilas Science*. 2024;35(46):1–13.
33. Divya R, Gayathri H, Tamilarasan R, Indhumathi P. Design and Development of Ibuprofen Loaded Transferosomal Gel for Analgesic Activity. *A Journal For New Zealand Herpetology*. 2023;12(4):213–29.