JURNAL FARMASIMED (JFM)
E-ISSN: 2655-0814
https://ejournal.medistra.ac.id/index.php/JFM
\

Optimasi Formula Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*) Dengan Metode Desain Faktorial

Optimization of The Formulation for a Transdermal Hydrogel Patch Containing Basil Leaf Essential Oil (Ocimum basilicum) Using The Factorial Design Method

Dzukharian Munandar[1*], Fitriah Ardiawijianti Iriani[2], Rosita Irianti Dehi[3], Risna[4], Rahayu Samalo[5]

[1,2,3,4,5] *Jurusan Farmasi, Poltekkes Kemenkes Jayapura*
Jl. Padang Bulan II Waena, Distrik Heram, Kota Jayapura, 99352, Indonesia
Email: dzrian.munandar@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Demam merupakan respons fisiologis tubuh terhadap infeksi atau inflamasi yang berkaitan dengan peningkatan sintesis prostaglandin E2 (PGE2). Minyak atsiri daun kemangi (*Ocimum basilicum*) mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi dikembangkan dalam sistem penghantaran transdermal. Pengembangan dalam bentuk *patch* hidrogel transdermal memerlukan optimasi komposisi polimer untuk memperoleh karakteristik fisik sediaan yang optimal. **Tujuan**: Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi formula *ptch* hidrogel transdermal yang mengandung minyak atsiri daun kemangi (*Ocimum basilicum*) menggunakan kombinasi polyvinyl alcohol (PVA) dan hydroxyethyl cellulose (HEC) dengan metode desain faktorial. **Metodologi**: Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat emulsi minyak atsiri daun kemangi yang selanjutnya diformulasikan menjadi *patch* hidrogel transdermal. Optimasi dilakukan menggunakan desain faktorial dua faktor dua level dengan konsentrasi PVA dan HEC sebagai variabel independen, sedangkan ketahanan lipat dan daya serap kelembaban sebagai respon. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak *Design Expert* versi 13. Formula optimum ditentukan berdasarkan hasil optimasi dan selanjutnya diverifikasi melalui pengujian karakteristik fisik sediaan. **Hasil dan Pembahasan**: Hasil optimasi menunjukkan bahwa formula optimum terdiri atas emulsi minyak atsiri daun kemangi 20 %, PVA 5,72 %, HEC 1,48 %, PEG 400 10 %, transcutol 10 %, etanol 10 %, dan aquadest hingga 100 mL. Formula optimum menghasilkan ketahanan lipat sebesar 303±24,19 kali dan daya serap kelembaban sebesar 5,07±0,30 %. Model statistik menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9006 untuk ketahanan lipat dan 0,9855 untuk daya serap kelembaban, yang menunjukkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi respons. Kombinasi konsentrasi PVA dan HEC berperan dalam menentukan karakteristik fisik *patch*, terutama ketahanan lipat dan kemampuan menyerap kelembaban. **Kesimpulan**: Kombinasi PVA dan HEC dapat digunakan dalam optimasi formula *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi. Formula dengan PVA 5,72 % dan HEC 1,48 % menghasilkan karakteristik fisik optimum berdasarkan respons ketahanan lipat dan daya serap kelembaban.

Kata kunci: optimasi; *patch* hidrogel transdermal; minyak atsiri; *Ocimum basilicum*; PVA; HEC; desain faktorial.

Abstract

***Background**: Fever is a physiological response to infection or inflammation associated with increased prostaglandin E2 (PGE2) synthesis. Basil (Ocimum basilicum) leaf essential oil contains bioactive compounds with potential for development in a transdermal drug delivery system. The development of a transdermal hydrogel patch requires optimization of the polymer composition to achieve appropriate physical characteristics. **Objective**: This study aimed to optimize a transdermal hydrogel patch formulation containing basil (Ocimum basilicum) leaf essential oil using a combination of polyvinyl alcohol (PVA) and hydroxyethyl cellulose (HEC) through a factorial design approach. **Methodology**: This experimental study prepared basil leaf essential oil as an emulsion, which was subsequently incorporated into a transdermal hydrogel patch. Optimization was performed using a two-factor, two-level factorial design with PVA and HEC concentrations as independent variables and folding endurance and moisture absorption as response variables. The data were analyzed using Design Expert version 13 software. The optimum formulation was selected based on the optimization results and subsequently verified through physical characterization tests. **Results and Discussion:** The optimum formulation consists of 20 % basil leaf essential oil emulsion, 5,72 % PVA, 1,48 % HEC, 10 % PEG 400, 10 % transcutol, 10 % ethanol, and purified water up to 100 mL. The optimum formulation shows a folding endurance of 303±24,19 folds and moisture absorption of 5,07±0,30 %. The statistical models*

*Corresponding author: Dzukharian Munandar, Jurusan Farmasi, Poltekkes Kemenkes Jayapura, Indonesia.
E-mail : dzrian.munandar@gmail.com
Doi : 10.35451/jfm.v9i1.4042
Received : October 2, 2026, Accepted: October 29, 2026, Published: October 30, 2026
Copyright: © 2026 Dzukharian Munandar (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

show R^2 values of 0,9006 for folding endurance and 0,9855 for moisture absorption, indicating the models' ability to explain variation in the responses. The combination of PVA and HEC concentrations contributes to the physical characteristics of the patch, particularly its folding endurance and moisture absorption. ***Conclusion****: The combination of PVA and HEC can be used to optimize a transdermal hydrogel patch containing basil leaf essential oil. The formulation containing 5,72 % PVA and 1,48 % HEC provides optimum physical characteristics based on folding endurance and moisture absorption responses.*

Keywords**:** *optimization; transdermal hydrogel patch; essential oil; Ocimum basilicum; PVA; HEC; factorial design*.

1. PENDAHULUAN

Demam merupakan respon fisiologis tubuh terhadap infeksi atau inflamasi yang ditandai dengan peningkatan suhu tubuh di atas 37,5 °C sebagai akibat meningkatnya sintesis *prostaglandin* E_2 (PGE_2) di *hipotalamus* [1]. Obat antipiretik sintetik seperti parasetamol dan ibuprofen tersedia luas, namun penggunaannya tidak terlepas dari risiko efek samping seperti hepatotoksisitas, gangguan gastrointestinal, dan reaksi alergi [1]. Salah satu tanaman potensial adalah daun kemangi (*Ocimum basilicum*) yang diketahui mengandung flavonoid, eugenol, linalool, dan senyawa fenolik lain yang memiliki aktivitas antipiretik melalui mekanisme penghambatan enzim *siklooksigenase* (COX) dan penurunan sintesis *prostaglandin* [1]. Beberapa studi melaporkan aktivitas anti inflamasi dan antipiretik dari minyak atsiri daun kemangi, namun data mengenai pengembangan sediaannya sebagai *patch* hidrogel transdermal masih terbatas [2, 3].

Sediaan *patch* hidrogel transdermal merupakan bentuk *novel drug delivery system* yang dikembangkan untuk meningkatkan kepatuhan pasien, menghindari *first-pass metabolism*, memberikan efek terapi berkelanjutan, serta meminimalkan efek samping obat oral [4]. *Patch* hidrogel transdermal banyak digunakan untuk terapi analgesik, antihipertensi, antiemetik, dan antipiretik, termasuk dari bahan alam seperti temulawak, belimbing wuluh, dan jahe, sebagaimana dilaporkan beberapa penelitian terbaru [5, 6].

Formulasi *patch* hidrogel transdermal memerlukan pemilihan polimer *film-forming* yang tepat, seperti carbopol, PVP (*polyvinyl pyrolidone*), atau HPMC, serta *plasticizer* seperti gliserol atau propilen glikol untuk meningkatkan fleksibilitas *patch* [7]. Optimasi konsentrasi polimer dan *plasticizer* sangat menentukan karakteristik *patch* seperti ketebalan, ketahanan lipat, pH permukaan, dan kemampuan menyerap kelembapan. Optimasi formula pada penelitian ini menggunakan pendekatan statistik desain faktorial 2^2 dengan mengevaluasi interaksi 2 faktor utama (kombinasi konsentrasi polimer dan polimer) terhadap respons kritis mutu (*Critical Quality Attributes*/ CQA) dengan jumlah percobaan yang efisien namun memberikan hasil yang komprehensif dan dapat tervalidasi secara analitis. Kompleksitas desain akan meningkat sebanding dengan jumlah variabel yang digunakan atau level yang diuji sehingga menyebabkan jumlah kemungkinan percobaan yang semakin banyak. Penerapan desain faktorial kurang sesuai bila total komposisi bahan berjumlah tetap 100 % dengan proporsi yang tertutup. Model statistik juga tergantung pada asumsi persamaan yang linier sehingga jika hubungan antara variabel dan respons bersifat sangat non-linear yang kompleks, model desain faktorial standar (misalnya 2^n) mungkin memerlukan peningkatan ke model *Response Surface Methodology* (RSM). Dan hasil formula optimum sangat bergantung pada akurasi data laboratorium, kesalahan kecil pada saat penimbangan atau evaluasi dapat menghasilkan nilai *prediction error* yang lebih tinggi [8, 9].

Pengembangan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi sebagai antipiretik *patch* hidrogel transdermal yang stabil dan efektif pada tanaman lain menunjukkan variasi hasil karakterisasi *patch* hidrogel transdermal, termasuk masalah ketahanan lipat dan ketebalan yang tidak sesuai standar dapat menjadi celah untuk dapat diselesaikan pada penelitian ini. Studi ini menghubungkan konsentrasi kombinasi polimer dan polimer dan atau *plasticizer* terhadap sifat fisik *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi yang menggunakan pemodelan statistik untuk menghasilkan formula *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi dengan kualitas dan potensi aktivitas analgesik, antipiretik, antiinflamasi yang diharapkan [10, 11]. Kelebihan *patch* dengan bentuk sediaan lain yaitu kemudahan penggunaannya dan ketika dilepaskan pada kulit *patch* tidak menimbulkan luka menjadi terbuka kembali. Dalam pembuatan *patch*, diperlukan polimer untuk menghasilkan karakteristik fisik *patch* yang baik [12].

Penelitian ini mengkombinasikan polimer hidrofilik untuk mendapatkan proporsi konsentrasi optimum masing-masing kombinasi polimer pada sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi berdasarkan respon yang diinginkan yaitu ketahanan lipat dan daya serap kelembaban.

2. METODE

Bahan

Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*), VCO (*virgin coconut oil*) (Javaplant), Tween 80 (Bratachem), Gliserol (Dow Chem.), PVA (*polyvinyl alcohol*) (Merck), HEC (*hydroxyethyl cellulose*) (Dow Chem.), PEG (*polyethylene glycol*) 400 (*Dow Chem.*), Transcutol (Dow Chem.), Etanol (Bratachem) dan Aquadest (Water One).

Alat

pH Meter (Hanna), oven (B-One), waterbath (Memmert), timbangan digital (Karl Kolb), jangka sorong digital (Insize), *magnetic stirrer* (Heidolph) cetakan *film patch*, cawan porselin, batang pengaduk, gelas ukur, beaker glass, kaca arloji, mortir, stamfer, desikator, *stopwatch* dan pipet tetes.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Emulsi Minyak Atsiri Daun Kemangi

Dalam fase minyak yaitu VCO larutkan minyak atsiri daun kemangi dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 500 rpm selama 15 menit, disonikasi selama 10 menit. Campuran dalam fase air dibuat dengan mencampurkan sebagian aquadest bersama tween 80 dan gliserol kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 15 menit. Fase air dimasukkan ke dalam fase minyak dan diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 15 menit, kemudian ditambahkan sisa aquadest tetes demi tetes ke dalam campurannya dan dilakukan pengadukan secara terus menerus [13]. Hasil pencampuran dipindahkan ke dalam wadah tertutup dan disimpan di dalam lemari pendingin. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada lainnya.

Tabel 1. Formula emulsi minyak atsiri daun kemangi

Bahan	Konsentrasi %	Fungsi
Minyak Atsiri Daun Kemangi	1	Bahan Aktif
VCO	5	Fase Minyak
Tween 80	35	Surfaktan
Gliserol	20	Kosurfaktan
Aquadest	ad. 100 mL	Pelarut

Pembuatan Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Sediaan matriks *patch* hidrogel transdermal ini dibuat dengan teknik *solvent casting* dan *solvent evaporation* [14]. PVA dikembangkan dengan aquadest dan dipanaskan lalu diaduk sampai homogen, dan dinginkan. HEC dihidrasi sampai homogen dalam cawan porselin dengan sebagian aquadest bebas CO_2 selama 30 menit hingga terbentuk massa gel. Dispersi HEC masukkan ke dalam larutan PVA, diaduk hingga diperoleh massa hidrogel yang homogen [15, 16]. Lalu masukkan berurutan PEG 400, transcutol dan etanol, tambahkan emulsi minyak atsiri daun kemangi dan diaduk dengan kecepatan sedang sampai homogen. Kemudian setelah semua bahan tercampur, tambahkan sisa aquadest hingga bobot akhir, tuangkan dalam cetakan dan keringkan atau dipanaskan dalam oven pada suhu 40 °C hingga memadat [17].

Tabel 2. Formula sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi

Bahan	F1(%)	F2(%)	F3(%)	F4(%)	Fungsi
Emulsi Minyak Atsiri Daun Kemangi	20	20	20	20	Bahan Aktif
PVA	5	20	5	20	Polimer
HEC	0,5	0,5	5	5	Polimer
PEG 400	10	10	10	10	*Plasticizer*
Transcutol	10	10	10	10	*Enhancer*
Etanol	10	10	10	10	*Kosolven*
Aquadest	44,5	29,5	40	25	Pelarut

Penentuan Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Formula optimum ditentukan berdasarkan respon ketahanan lipat dan daya serap kelembaban sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi dan dianalisis menggunakan metode desain faktorial 2^2 pada perangkat lunak. Formula optimum yang terpilih ditentukan oleh nilai desirabilitas yang tertinggi dari hasil prediksi perangkat lunak *Design Expert* versi 13.

Verifikasi Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Verifikasi formula optimal dilakukan dengan membuat sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi (*Ocimum basilicum*) pada komposisi formula optimum, lalu dilakukan observasi sesuai respon yang digunakan. Kemudian respon hasil observasi yang diperoleh dengan replikasi 3 kali dibandingkan dengan respon hasil dari prediksi perangkat lunak dengan uji statistik *one sample t-test* pada taraf kepercayaan 95 % [18]. Hasil observasi disebut memenuhi syarat atau tidak, juga ditentukan berdasarkan pada nilai hasil observasi yang masuk dalam rentang nilai *Confidence Interval* (CI) dan *Prediction Interval* (PI) dengan taraf kepercayaan 95 % dari perangkat lunak *Design Expert* versi 13 [19].

Evaluasi Sediaan Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

a. Uji Keseragaman Bobot *Patch*

Pengujian keseragaman bobot dilakukan dengan cara ditimbang 3 *patch* kemudian tentukan rata-rata, standar deviasi (SD), dan persen koefisien variasi (% CV) nya. Bobot *patch* dikatakan seragam apabila nilai SD <0,05 dan atau CV ≤5 % [20, 21].

b. Uji Ketebalan *Patch*

Uji ketebalan untuk mengetahui apakah *patch* transdermal memiliki ketebalan yang sesuai. Semakin tebal *patch* maka pelepasan obat akan semakin lambat, sehingga akan mempengaruhi *onset* dari efek terapetik yang diharapkan. Pengukuran tebal *patch* dilakukan pada 3 titik yang berbeda. *Patch* yang tipis akan lebih mudah diterima dalam pemakaiannya [21].

c. Uji pH *Patch*

Uji pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau basa dari sediaan *patch* hidrogel transdermal. Uji pH dilakukan dengan cara menempatkan *patch* dalam cawan porselen yang berisi 5 ml aquadest bebas CO_2 dan biarkan mengembang pada suhu ruang dan pH permukaan *patch* kemudian diukur dengan pH meter digital. Kriteria penerimaan pH sesuai dengan rentang pH yang dapat diterima kulit yaitu 4 – 8 [22].

d. Uji Ketahanan Lipat (*Folding Endurance*) *Patch*

Pengujian ketahanan lipat pada *patch* hidrogel transdermal menentukan tingkat kelenturan dan elastisitas *patch* setelah pelipatan berulang pada sudut yang sama. *Patch* memenuhi kriteria bila nilai ketahanan lipatnya >300 kali [23].

e. Uji Daya Serap Kelembaban (*Moisture Uptake*) *Patch*

Pengujian dengan menimbang *patch* hidrogel transdermal sebagai bobot awal dengan dimasukkan ke dalam desikator pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian disimpandalam oven pada suhu 40 °C selama 24 jam dan ditimbang kembali setelah penyimpanan sebagai bobot akhir. Nilai rentang yang dikehendaki berkisar <10 % [24].

3. HASIL

Formulasi dan Optimasi Formula Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

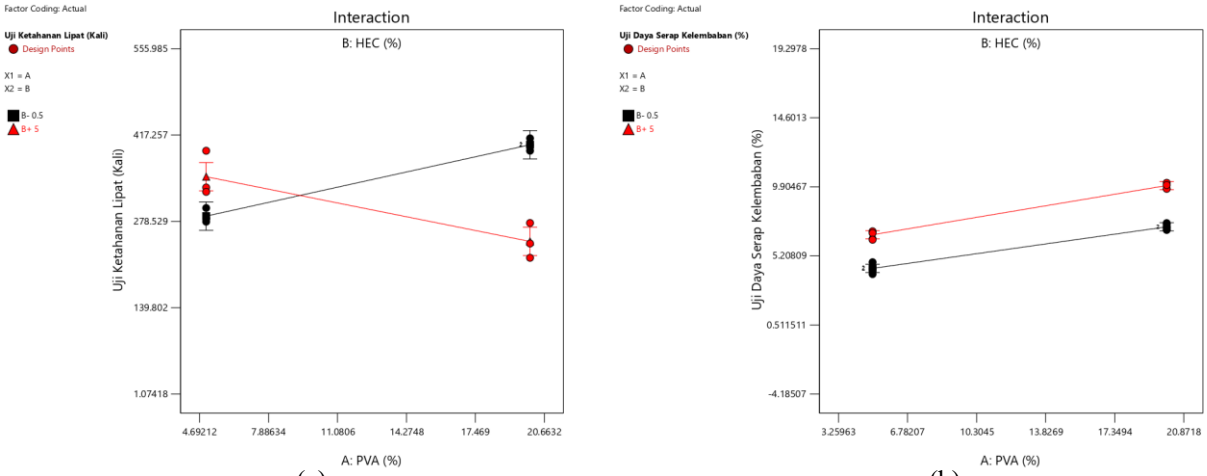
Tabel 3. Rancangan optimasi formula sediaan *patch* hidrogel transdermal dengan desain faktorial 2^2

Std	*Run*	A : PVA (%)	B : HEC (%)	Uji Ketahanan Lipat (Kali)	Uji Daya Serap Kelembaban (%)
11	1	20	5	276	10,18
12	2	20	5	243	10,03
8	3	5	5	333	6,76
2	4	5	0,5	300	4,33
1	5	5	0,5	278	4,78
5	6	20	0,5	412	6,97
4	7	20	0,5	392	7,15
10	8	20	5	220	9,77
3	9	5	0,5	283	3,97
7	10	5	5	392	6,88
9	11	5	5	326	6,31
6	12	20	0,5	401	7,44

Optimasi Formula Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

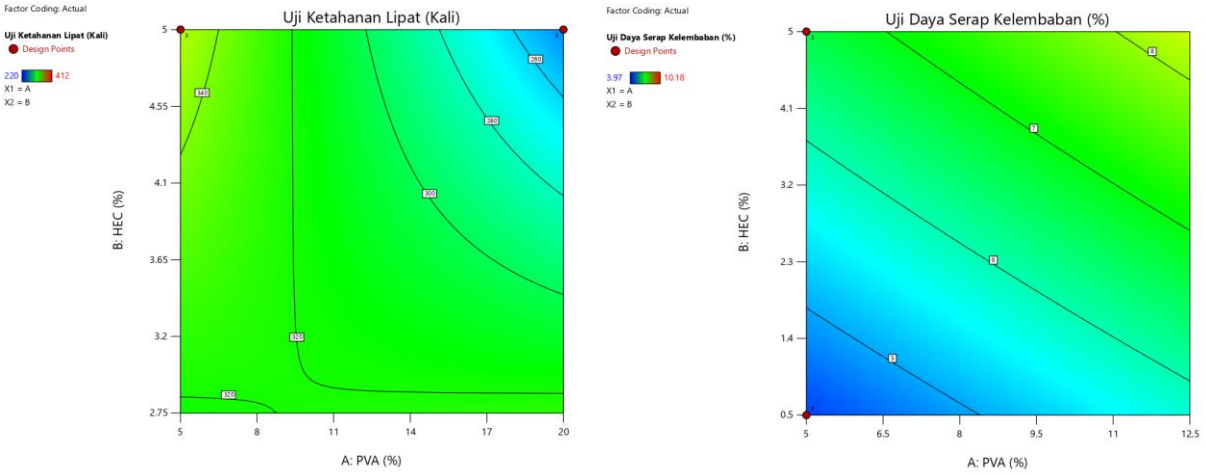
Tabel 4. Hasil kriteria penerimaan parameter statistik dari rancangan percobaan

Respon	Mean	SD	CV	R^2	*Adjusted* R^2	*Predicted* R^2	*Adequate Precision*
Y_1 = Ketahanan Lipat	321,33	24,19	7,53	0,9006	0,8630	0,7758	11,1237
Y_2 = Daya Serap Kelembaban	7,05	0,2976	4,22	0,9855	0,9801	0,9674	32,7862



(a) (b)

Gambar 1. (a) Pengaruh interaksi antar (PVA dan HEC) terhadap ketahanan lipat *patch* hidrogel transdermal; (b) Pengaruh interaksi antar (PVA dan HEC) terhadap daya serap kelembaban *patch* hidrogel transdermal.



(a) (b)

Gambar 2. (a) *Contour plot* hubungan (PVA dan HEC) dengan ketahanan lipat *patch* hidrogel transdermal; (b) *Contour plot* hubungan (PVA dan HEC) dengan daya serap kelembaban *patch* hidrogel transdermal.

Tabel 5. Persamaan regresi dari semua variabel respons yang digunakan dalam rancangan eksperimen

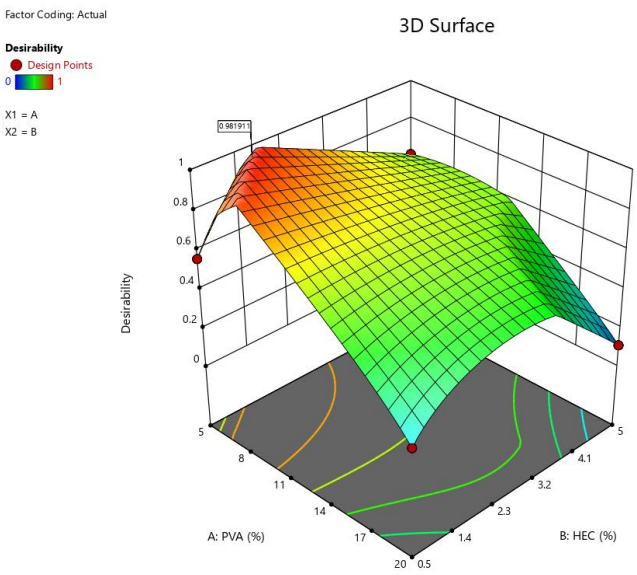
Respon	Persamaan Regresi
Ketahanan Lipat	$Y_1 = 321{,}333 + 2{,}66667A - 23B - 54{,}6667AB$
Daya Serap Kelembaban	$Y_2 = 7{,}0475 + 1{,}5425A + 1{,}27417B + 0{,}129167AB$

Penentuan Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

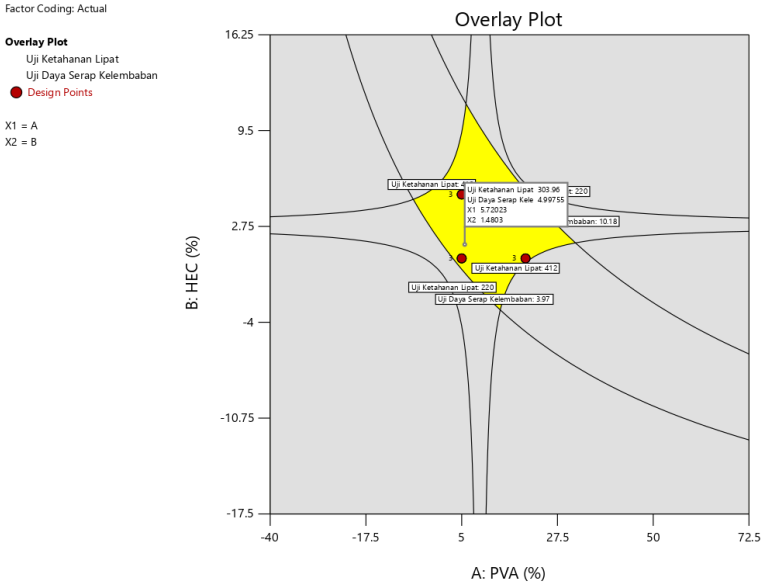
Berikut tahapan ptimasi *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi dengan kombinasi PVA dan HEC.

Tabel 6. Optimasi formula optimum *patch* hidrogel transdermal menggunakan perangkat lunak *Design Expert*

Respon	*Goal*	Batas Bawah	Batas Atas	*Importance*
Ketahanan Lipat	Target → 300 Kali	220 Kali	412 Kali	+++++
Daya Serap Kelembaban	Target → 5 %	3,97 %	10,18 %	+++++



Gambar 3. 3D-*surface plot* hubungan variabel (PVA dan HEC) dengan desirabilitas formula optimum *patch* hidrogel transdermal



Gambar 4. *Contour overlay plot* hubungan (PVA dan HEC) dengan ketahanan lipat dan daya serap kelembaban *patch* hidrogel transdermal

Tabel 7. Nilai prediksi respon formula optimum *patch* hidrogel transdermal dari perangkat lunak *Design Expert*

	PVA	HEC	Ketahanan Lipat	Daya Serap Kelembaban	*Desirability*	
1	5,720	1,480	304,015	5,000	0,982	**Terpilih**
2	5,000	1,799	305,283	5,021	0,974	

Penentuan dan Verifikasi Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Komposisi dan verifikasi formula optimum *patch* hidrogel transdermal untuk total sediaan 100 mL disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi

Bahan	Konsentrasi (%)	Fungsi
Emulsi Minyak Atsiri Daun Kemangi	20	Bahan Aktif
PVA	5,72	Polimer
HEC	1,48	Polimer
PEG 400	10	*Plasticizer*
Transcutol	10	*Enhancer*
Etanol	10	*Kosolven*
Aquadest	ad. 100 mL	Pelarut

Tabel 9. Verifikasi formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi

Parameter	Nilai Prediksi	Nilai Observasi	*Sig.* (*2 tailed*)	95% CI *low*	95% CI *high*	95% PI *low*	95% PI *high*
Ketahanan Lipat (Kali)	304,015	303±24,19	0,897	279,094	328,937	263,296	344,735
Daya Serap Kelembaban (%)	4,99999	5,07±0,30	0,744	4,69335	5,30663	4,49897	5,50101

Karakteristik Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Hasil karakteristik formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal dengan menggunakan kombinasi PVA dan HEC dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji mutu fisik formula optimum sediaan *patch* hidrogel trandermal minyak atsiri daun kemangi

Parameter	Data Pengukuran			Rata-Rata	Syarat	Keterangan
	R1	R2	R3			
Keseragaman Bobot (g)	0,467	0,448	0,419	0,445±0,03	SD <0,05 [20]	Memenuhi Syarat
Ketebalan (mm)	0,9	0.8	0,6	0,8±0,15	<1 mm [23]	Memenuhi Syarat
pH	6,74	6,62	5,88	6,41±0,47	4 – 8 [20]	Memenuhi Syarat
Ketahanan Lipat (Kali)	296	302	312	303±24,19	>200	Memenuhi Syarat
Daya Serap Kelembaban (%)	5,38	5,13	4,71	5,07±0,30	<10%	Memenuhi Syarat

4. PEMBAHASAN

Formulasi dan Optimasi Formula *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Penelitian ini mengembangkan *patch* hidrogel transdermal yang mengandung emulsi dari minyak atsiri daun kemangi (*Ocimum basilicum*) dengan menggunakan kombinasi polimer polyvinyl alcohol (PVA) dan hydroxyethyl cellulose (HEC). Optimasi dilakukan menggunakan desain faktorial 2^2 (2 faktor 2 level) dengan konsentrasi PVA dan HEC sebagai variabel independen. Parameter yang digunakan sebagai respons optimasi adalah ketahanan lipat dan daya serap kelembaban karena kedua parameter tersebut menggambarkan karakteristik penting dari matriks *patch*, khususnya kemampuan mempertahankan integritas fisik selama penggunaan serta interaksinya dengan kelembaban.

Berdasarkan Tabel 3, nilai ketahanan lipat dari seluruh formula yang diuji berada pada rentang 220 – 412 kali, sedangkan daya serap kelembaban berada pada rentang 3,97 – 10,18 %. Rentang nilai yang cukup lebar menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi PVA dan HEC memberikan variasi terhadap kedua respons yang diamati. Hal ini juga menunjukkan pentingnya optimasi komposisi polimer agar diperoleh formula yang memiliki keseimbangan antara ketahanan mekanik dan kemampuan menyerap kelembaban. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan variasi kombinasi polimer dari PVP dan HPMC dapat memengaruhi karakteristik fisik *patch* transdermal [8]. Dengan demikian, optimasi konsentrasi polimer diperlukan untuk memperoleh formula dengan keseimbangan antara ketahanan lipat dan daya serap kelembaban yang optimal [23].

Pengaruh PVA dan HEC terhadap Ketahanan Lipat *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Ketahanan lipat merupakan salah satu parameter yang digunakan mengevaluasi kemampuan *patch* mempertahankan integritasnya ketika mengalami pelipatan berulang. Berdasarkan hasil penelitian, nilai tertinggi sebesar 412 kali diperoleh pada salah satu kombinasi perlakuan, sedangkan nilai terendah sebesar 220 kali menunjukkan bahwa perubahan komposisi PVA dan HEC menghasilkan perbedaan sifat mekanik *patch* yang cukup besar. Hubungan antara PVA dan HEC terhadap ketahanan lipat dinyatakan melalui persamaan regresi:

Ketahanan Lipat = 321,333 + 2,66667A – 23B – 54,6667AB (1)

Keterangan: A = PVA; B = HEC; AB = Kombinasi PVA dan HEC

Koefisien positif pada faktor A menunjukkan bahwa peningkatan PVA secara individual cenderung meningkatkan ketahanan lipat. Sebaliknya, koefisien negatif pada HEC menunjukkan bahwa peningkatan HEC secara individual cenderung menurunkan respons ketahanan lipat dalam rentang formula yang diuji. Hal yang paling menonjol adalah koefisien interaksi PVA dan HEC (AB) sebesar −54,6667. Nilai negatif menunjukkan penggunaan PVA dan HEC pada kombinasi tertentu memberikan efek antagonistik terhadap ketahanan lipat. Dengan demikian, peningkatan kedua polimer secara bersamaan tidak selalu menghasilkan *patch* hidrogel transdermal dengan ketahanan lipat yang semakin tinggi.

PVA berfungsi sebagai polimer pembentuk lapisan *film* sehingga komposisinya berkaitan dengan pembentukan matriks dan kekuatan mekanik dari *patch*. Sementara itu, HEC berperan dalam pembentukan struktur hidrogel. Oleh karena itu, keseimbangan antara kedua polimer menjadi penting. Komposisi yang tidak seimbang dapat menghasilkan matriks yang memiliki karakteristik mekanik berbeda dari yang diharapkan. Pola interaksi tersebut juga terlihat pada grafik interaksi dan *contour plot* yang menunjukkan bahwa respons ketahanan lipat berubah sesuai kombinasi konsentrasi PVA dan HEC. Hasil ini sejalan dengan penelitian Pratiwi et al. (2021) yang menunjukkan bahwa variasi kombinasi polimer PVP dan HPMC memengaruhi karakteristik fisik *patch* transdermal [8]. Nadendla dan Priyanka (2024) menunjukkan variasi komposisi polimer dalam formulasi *patch* transdermal berkaitan dengan perubahan ketahanan lipat dan sifat fisik sediaan [9]. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini, ditunjukkan pada grafik interaksi dan *contour plot*, terjadi perubahan respon ketahanan lipat berdasarkan kombinasi konsentrasi PVA dan HEC. Namun, signifikansi interaksi kedua polimer tetap perlu ditentukan berdasarkan hasil analisis statistik [23].

Pengaruh PVA dan HEC terhadap Daya Serap Kelembaban *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Daya serap kelembaban menggambarkan kemampuan matriks *patch* dalam menyerap kelembaban dari lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian, daya serap kelembaban berada pada rentang 3,97 – 10,18%. Variasi tersebut menunjukkan bahwa komposisi polimer berpengaruh terhadap karakteristik kelembaban *patch*. Hubungan PVA dan HEC terhadap daya serap kelembaban dinyatakan melalui persamaan:

Daya Serap Kelembaban = 7,0475 + 1,5425A + 1,27417B + 0,129167AB (2)

Keterangan: A = PVA; B = HEC; AB = Kombinasi PVA dan HEC

Berbeda dengan respons ketahanan lipat, seluruh koefisien pada persamaan daya serap kelembaban bernilai positif. Koefisien PVA sebesar +1,5425 dan HEC sebesar +1,27417 menunjukkan bahwa peningkatan masing-masing faktor cenderung meningkatkan daya serap kelembaban dalam rentang percobaan. Interaksi PVA dan HEC juga memiliki koefisien positif sebesar +0,129167, meskipun pengaruh interaksi tersebut secara numerik lebih kecil dibandingkan pengaruh masing-masing faktor. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wardani & Saryanti (2021) yang menunjukkan peningkatan daya serap kelembaban dapat dikaitkan dengan karakteristik hidrofilik dari matriks polimer [20]. Semakin besar proporsi komponen polimer hidrofilik dalam matriks, semakin besar kecenderungan matriks berinteraksi dengan molekul air. Namun, kemampuan menyerap kelembaban perlu dikendalikan karena *patch* tidak hanya membutuhkan kemampuan mempertahankan kelembaban yang sesuai, tetapi juga harus memiliki integritas fisik yang baik selama penyimpanan dan penggunaan [24]. Oleh sebab itu,

optimasi tidak dilakukan dengan hanya memaksimalkan atau meminimalkan salah satu respon, melainkan dengan mencari kombinasi PVA dan HEC yang menghasilkan keseimbangan kedua respon.

Penentuan Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Penentuan formula optimum dilakukan secara simultan terhadap ketahanan lipat dan daya serap kelembaban. Berdasarkan Tabel 6, ketahanan lipat ditetapkan dengan target 300 kali, dengan batas bawah 220 kali dan batas atas 412 kali. Sementara itu, daya serap kelembaban ditargetkan sebesar 5 %**,** dengan batas bawah 3,97 % dan batas atas 10,18 %. Kedua respon diberikan tingkat kepentingan yang sama, yaitu +++++, sehingga optimasi diarahkan untuk memperoleh kombinasi PVA dan HEC yang mampu memberikan keseimbangan terhadap kedua parameter tersebut. Optimasi menggunakan perangkat lunak *Design Expert* versi 13 menghasilkan formula optimum yang mengandung 20 % emulsi minyak atsiri daun kemangi, 5,72 % PVA, 1,48 % HEC, 10 % PEG 400, 10 % transcutol, 10 % etanol, dan aquadest hingga 100 mL dengan nilai desirabiltas mendekati 1 yaitu 0,982 yang ditunjukkan pada grafik 3D-*surface plot* hubungan variabel dengan desirabilitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa formula optimum tidak berada pada konsentrasi ekstrem PVA maupun HEC, melainkan pada kombinasi keduanya yang terkonfirmasi pada seperti grafik *contour overlay plot* hubungan (PVA dan HEC) dengan ketahanan lipat dan daya serap kelembaban *patch* hidrogel transdermal. Hal ini sesuai dengan hasil persamaan regresi, terutama pada ketahanan lipat, yang menunjukkan adanya interaksi negatif antara PVA dan HEC sehingga keseimbangan konsentrasi kedua polimer diperlukan untuk mendapatkan respons yang diinginkan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan pentingnya optimasi komposisi polimer untuk memperoleh sifat mekanik *patch* yang sesuai [9]. Dengan demikian, keseimbangan konsentrasi PVA dan HEC menjadi faktor penting dalam menghasilkan *patch* hidrogel transdermal dengan ketahanan lipat yang optimal [24]. Nilai desirabilitas dalam optimasi dengan metode desain faktorial merupakan indikator yang menunjukkan seberapa baik suatu model persamaan memenuhi kriteria yang ditetapkan. Skala desirabiltas yang diterima antara 0 hingga 1, dimana nilai 0 menandakan formula tidak sesuai dengan tujuan optimasi, sedangkan nilai 1 menunjukkan formula semakin memenuhi kondisi yang optimal [25].

Verifikasi Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak atsiri Daun Kemangi

Verifikasi formula optimal untuk pengujian formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri dengan hasil prediksi perangkat lunak *Design Expert* versi 13 dengan metode desain faktorial 2^2 dilakukan secara statistik menggunakan perangkat lunak *JASP* versi 0.99.0 dengan metode *one sample t-test* dapat dilihat pada Tabel 9. Hasil verifikasi formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri menggunakan *one sample t-test* menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara nilai prediksi perangkat lunak dan hasil observasi atau percobaan, seperti yang ditunjukkan oleh nilai signifikansi (*sig 2-tailed*) senilai >0,05. Hal ini menunjukkan bahwa model prediksi efektif dalam menghasilkan formula yang dapat memberikan karakteristik sediaan *patch* hidrogel transdermal dengan persyaratan yang diinginkan untuk minyak atsiri daun kemangi [26].
Berdasarkan Tabel 9, hasil pengujian formula optimum sediaan *patch* transdermal minyak atsiri menghasilkan nilai observasi ketahanan lipat rata-rata sebesar 303±24,19 kali dan rata-rata daya serap kelembaban sebesar 5,07±0,30 %. Nilai observasi ini kemudian dihubungkan secara komparatif dengan data batas rentang aman atau 95 % *Confidence Interval* (CI) dan 95 % *Prediction Interval* (PI) dari hasil prediksi perangkat lunak *Design Expert* versi 13. Nilai 95 % CI untuk ketahanan lipat antara 279,093 – 328,938 kali dan daya serap kelembaban antara 4,69334 – 5,30664 %. Sedangkan nilai 95 % PI untuk ketahanan lipat antara 263,296 – 344,735 kali dan daya serap kelembaban antara 4,49897 – 5,50101 %. Terbukti bahwa nilai observasi ketahanan lipat (303±24,19 kali) dan daya serap kelembaban (5,07±0,30 %) yang masih berada tepat dalam interval nilai 95 % CI dan 95 % PI, menunjukkan kesesuaian yang akurat antara nilai observasi dengan interval prediksi 95 % CI dan 95 % PI karena tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik, sehingga model desain faktorial yang digunakan tervalidasi, dan memiliki akurasi keterulangan prediksi yang tinggi pada pengukuran sebenarnya [18].

Karakteristik Formula Optimum Sediaan *Patch* Hidrogel Transdermal Minyak Atsiri Daun Kemangi

Hasil uji keseragaman bobot yang diperoleh bahwa formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri memiliki bobot rata-rata yaitu 0,445±0,03 Gram. Keseragaman bobot *patch* transdermal yang baik memiliki syarat simpangan baku dari bobot rata-rata <0,05 atau koefisien variasi dari bobot rata-rata <5 %CV, sehingga dari hasil tersebut memenuhi persyaratan keseragaman bobot [20]. Nilai simpangan baku yang secara konsisten

rendah menunjukkan dispersi polimer yang merata di seluruh lapisan *film*, sehingga menjamin kualitas dan kinerja yang konsisten [14].

Penentuan ketebalan *patch* sangat memengaruhi formulasi sediaan *patch* karena secara langsung menentukan faktor kinetika penghantaran dari bahan aktif, kenyamanan pasien, dan efektifitas sediaan. Hasil uji ketebalan pada formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi diperoleh ketebalan 0,8±0,15 mm yang memenuhi persyaratan ketebalan *patch* yang baik yaitu <1 mm. Semakin tebal *patch* maka akan mempengaruhi pelepasan obat yang semakin lambat, sehingga akan mempengaruhi timbulnya efek terapetik yang diinginkan [23].

Pada pengukuran nilai pH permukaan formula optimum dari sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri diperoleh hasil dengan nilai pH 6,41±0,47. Hasil uji pH ini menunjukkan pH permukaan *patch* tersebut memenuhi persyaratan pH untuk penggunaan topikal yang aman berkisar 4 – 8 [20, 21].

Hasil ketahanan lipat dari formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atriri daun kemangi pada penelitian ini diperoleh ketahanan lipatan sebanyak 303±24,19 kali. Hal ini disebabkan karena penggabungan antara kedua sifat polimer, dimana PVA bersifat hidrofilik yang dapat meningkatkan elastisitas sehingga tidak mudah patah dan HEC yang dapat menghasilkan matriks *patch* yang lebih kuat, tidak rapuh, dan fleksibel [27].

Penilaian dari uji daya serap kelembapan diperoleh dari formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi memiliki daya serap kelembapan sebesar 5,07±0,30 %. Dari hasil tersebut memenuhi persyaratan uji daya serap kelembaban <10 % [6]. Kapasitas penyerapan air dari suatu sediaan *patch* dipengaruhi oleh konsentrasi dari polimer dan *plasticizer* [16]

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, formula optimum dari sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi (*Ocimum basilicum*) diperoleh komposisi polimer dengan konsentrasi PVA sebesar 5,72 % dan konsentrasi HEC sebesar 1,48 %. Karakteristik formula optimum sediaan *patch* hidrogel transdermal minyak atsiri daun kemangi terpilih memiliki nilai keseragaman bobot 0,445±0,03 Gram, ketebalan 0,8±0,15 mm, pH 6,41±0,47, ketahanan lipat 303±24,19 kali dan daya serap kelembaban 5,07±0,30 % yang masing-masing memenuhi syarat karakteristik sediaan *patch* hidrogel transdermal yang disyaratkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Kesehatan Jayapura melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat atas segala dukungan dan kesempatan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anekar AA, Hendrix JM, Cascella M. WHO Analgesic Ladder. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554435/ (2025, accessed 21 January 2026).

[2] Wati NR, Fadhilah A. Aktivitas Antipiretik Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum sanctum*) pada Mencit Jantan yang Diinduksi Pepton 10%. *Usadha Journal of Pharmacy* 2023; 405–415.

[3] Kamelnia E, Mohebbati R, Kamelnia R, et al. Anti-inflammatory, immunomodulatory and anti-oxidant effects of *Ocimum basilicum* L. and its main constituents: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2023; 26: 617–627.

[4] Cahyani AN, Miranti IP, Dewi IR, et al. Formulasi Sediaan Patch Antipiretik Ekstrak Etanol Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*, Roxb.). *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan* 2024; 13: 146–157.

[5] Syarifah A, Nabila N, Kanina I, et al. Evaluation of Patch Ethanol Extract of *Zingiber officinale* Rosc. Var Amarum For Antiemetic. *IJPST* 2023; 10: 66–74.

[6] Andriani D, Kusuma EW. Formulasi Sediaan Patch Transdermal Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dan Uji Aktivitas Antipiretik. *Cendekia Journal of Pharmacy* 2024; 8: 254–265.

[7] Bharkatiya M, Nema RK, Bhatnagar M. Formulation and Evaluation of Metoprolol Tartrate Entrapped Niosomes. *Int J Chem Sci* 2010; 8: 20552062.

[8] Permana T, Darusman F. Peranan Metode Desain Eksperimen dalam Formulasi Sediaan Farmasi. *Jurnal Riset Farmasi* 2023; 57–64.
[9] Hwang R, Kowalski DL. Design of Experiments for Formulation Development. *PharmTech | Pharmaceutical Technology*, https://www.pharmtech.com/view/design-experiments-formulation-development-0 (2026, accessed 1 May 2026).
[10] Ezeorba TPC, Chukwuma IF, Asomadu RO, et al. Health and therapeutic potentials of Ocimum essential oils: a review on isolation, phytochemistry, biological activities, and future directions. *Journal of Essential Oil Research* 2024; 36: 271–290.
[11] Zhakipbekov K, Turgumbayeva A, Akhelova S, et al. Antimicrobial and Other Pharmacological Properties of *Ocimum basilicum*, Lamiaceae. *Molecules* 2024; 29: 388.
[12] Safaruddin, Arum M, Wahyuningsih S, et al. Uji Efektivitas Patch Transdermal Ekstrak Etanol Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr) Terhadap Luka Sayat Pada Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*). *Jurnal Multidisiplin Madani* 2022; 2: 1001–1018.
[13] Redhita LA, Beandrade MU, Putri IK, et al. Formulasi dan Evaluasi Nanoemulsi Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Dengan Variasi Konsentrasi Tween 80. *Jurnal Mitra Kesehatan* 2022; 4: 80–91.
[14] Shelke PV, Rachh PR, Mankar SD, et al. Optimization and evaluation of transdermal delivery system for nebivolol hydrochloride. *Journal of Applied Pharmaceutical Research* 2024; 12: 21–37.
[15] Kaluku RI, Tungadi R, Thomas NA. Effect of HEC (Hydroxyethyl Cellulose) Polymer on Nanoemulsion-Based Curcumin Transdermal Patch Release. *IJPE* 2022; 2: 197–207.
[16] Liang X, Zhong H-J, Ding H, et al. Polyvinyl Alcohol (PVA)-Based Hydrogels: Recent Progress in Fabrication, Properties, and Multifunctional Applications. *Polymers (Basel)* 2024; 16: 2755.
[17] Nadendla RR, Priyanka PVLN. Optimizing Transdermal Patch Formulation for Enhanced Delivery of Rivaroxaban: A Comprehensive Design of Experiments Approach. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 2024; 8–20.
[18] Hidayat IR, Zuhrotun A, Sopyan I. Design-Expert Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi. *Majalah Farmasetika* 2021; 6: 99–120.
[19] Munandar D, Samalo R, Soegiharti P. Optimasi Formula SEDDS (Self-Emulsifying Drug Delivery Systems) Ekstrak Etanol Daun Ketepeng Cina (*Cassia alata*, L.) Sebagai Anti Malaria. *JURRIKE* 2025; 4: 492–510.
[20] Wardani VK, Saryanti D. Formulasi Transdermal Patch Ekstrak Etanol Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) dengan Basis Hydroxypropil Metilcellulose (HPMC). *Smart Medical Journal* 2021; 4: 38–44.
[21] Setiawan D, Setiawan I. Optimasi Polimer PVP K-30 dan HPMC Dalam Sediaan Transdermal Patch Ekstrak Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus*) Dengan Metode Simplex Lattice Design. 3.
[22] Neetu, Anand A, Panjwani D. Optimization of simvastatin transdermal patch for hyperlipidemia treatment in rat model. *Futur J Pharm Sci* 2024; 10: 31.
[23] Putri CVA, Edityaningrum CA. Optimasi Kombinasi Polimer Hidroksi Propil Metil Selulosa K4M dan Natrium Karboksimetil Selulosa pada Formula Patch Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan Metode Simplex Lattice Design. *MPI* 2025; 7: 283–299.
[24] Alzahra DF, Lestari AD, Haryadi E, et al. Skin Penetration of Corn Silk (Zea mays L.) Transdermal Patch on Wistar Mice Skin Using Franz Diffusion Cell. *JFIKI* 2024; 11: 20–33.
[25] Mulyaningsih S, Pratami RI, Rais IR. Optimization of Water-Ethanol Solvent Composition of Red Betel Leaf Extraction (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) Using Simplex Latice Design Method on Antioxidant Activity. *JURNAL FARMASIMED (JFM)* 2025; 8: 311–319.
[26] Shiyan S, Marketama MMA, Pratiwi G. Optimization transdermal patch of polymer combination of chitosan and HPMC-loaded ibuprofen using factorial designs. *Pharmaciana* 2021; 11: 406–415.
[27] Rosi M, Fatmizal MNZ, Fathona IW, et al. Hydrogel neutral electrolyte of PVA/HEC for flexible supercapacitor. *AIP Conf Proc* 2022; 2708: 070002.