

VERIFIKASI KLAIM DAN STUDI KOMPARATIF NILAI SPF PRODUK *HYBRID SUNSCREEN* BERDASARKAN DOMINASI FILTER SECARA *IN VITRO*

Hairun Niza¹, Rizkia Dwi Andini¹

¹Prodi Sarjana Farmasi STIK Siti Khadijah, email: ichaniza2@gmail.com

¹Prodi Sarjana Farmasi STIK Siti Khadijah, email: rizkiadwiandinii@gmail.com

*Corresponding author email: rizkiadwiandinii@gmail.com

ABSTRAK

Paparan radiasi ultraviolet (UV) yang meningkat akibat perubahan iklim berpotensi menimbulkan kerusakan pada kulit, sehingga penggunaan *sunscreen* menjadi kebutuhan penting. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi klaim nilai SPF serta membandingkan nilai SPF *in vitro* pada produk *hybrid sunscreen* berdasarkan dominasi filter fisik dan filter kimia. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan pengujian nilai SPF secara *in vitro* menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan dihitung dengan metode Mansur. Kesesuaian klaim SPF dinilai melalui persentase *recovery*, sedangkan analisis komparatif dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, *Levene*, dan *Independent T-Test*. Hasil penelitian menunjukkan nilai SPF *in vitro* yang diperoleh berturut-turut adalah AA-50 (36,39), WH-50 (35,60), TE-50 (35,51), OE-50 (35,05), IA-40 (34,43), dan AW-35 (33,98). Berdasarkan persentase *recovery*, dua produk yaitu IA-40 (86,08%) dan AW-35 (97,09%) memenuhi standar, sedangkan empat produk lainnya tidak memenuhi standar. Hasil uji statistik menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen, serta tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai SPF *in vitro* produk *hybrid sunscreen* dengan dominasi filter fisik dan dominasi filter kimia ($p = 0,750$). Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa tidak semua klaim SPF pada produk *hybrid sunscreen* sesuai dengan hasil pengujian *in vitro*, dan tidak terdapat perbedaan signifikan antara nilai SPF *in vitro* pada produk dengan dominasi filter fisik dan dominasi filter kimia.

Kata Kunci: *Hybrid sunscreen*, *Sun Protection Factor* (SPF), Verifikasi Klaim, Uji *In Vitro*, Spektrofotometri UV-Vis.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim kini menjadi salah satu isu global yang sangat penting karena berdampak pada pemanasan global (Indah et al., 2025). Di Indonesia, peningkatan suhu ekstrem yang dilaporkan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada periode 2023–2025, dengan tahun 2024 sebagai tahun terpanas sepanjang sejarah dan suhu rata-rata nasional mencapai 27,52°C, turut meningkatkan risiko paparan sinar ultraviolet (Herlambang, 2025). Peningkatan paparan radiasi UV terjadi karena pemanasan global menyebabkan perubahan atmosfer sehingga pemulihan lapisan ozon melambat dan mengurangi kemampuan bumi untuk

memfilter radiasi UV. Selain itu, dinamika atmosfer yang berubah dapat memicu hari-hari dengan tingkat radiasi UV di atas normal, sedangkan berkurangnya tutupan awan menyebabkan sinar matahari lebih mudah mencapai permukaan bumi. Suhu yang semakin tinggi juga meningkatkan risiko bagi individu yang bekerja di luar ruangan karena durasi paparan sinar matahari yang lebih panjang secara langsung memperbesar paparan radiasi UV. Oleh karena itu, perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi kondisi cuaca, tetapi juga memperbesar bahaya paparan radiasi UV terhadap kesehatan kulit (Strahlenschutz, 2023).

Radiasi UV adalah bagian dari spektrum elektromagnetik yang terkandung dalam sinar

matahari. Terdapat tiga jenis utama radiasi UV, yaitu Ultraviolet A (UVA), Ultraviolet B (UVB), dan Ultraviolet C (UVC). Paparan UVA dapat memicu *sunburn* ringan, penuaan kulit (*photoaging*), dan kanker kulit melalui mekanisme cedera oksidatif akibat pembentukan radikal bebas. Selain itu, UVA merangsang oksidasi melanin epidermis yang menimbulkan *tanning* langsung, sekaligus menstimulasi produksi melanin baru (*tanning* tertunda) yang berfungsi membantu melindungi kulit dengan menyerap radiasi UV pada lapisan epidermis. Sementara itu, UVB merangsang produksi melanin, merupakan penyebab utama terjadinya kulit terbakar (*sunburn*), serta berkontribusi terhadap beberapa jenis kanker kulit. Adapun paparan UVC dapat menyebabkan kulit terbakar yang bersifat parah tetapi dangkal, karena paparan ini sangat jarang terjadi karena radiasi UVC hampir seluruhnya diserap oleh atmosfer, terutama lapisan ozon, sehingga tidak mencapai permukaan bumi (Ravindran, 2018). Oleh karena itu, perlindungan terhadap paparan UVA dan UVB menjadi sangat penting melalui penggunaan *sunscreen*. *Sunscreen* memberikan perlindungan terhadap radiasi UV melalui penggunaan filter UV organik (kimia) maupun filter UV anorganik (fisik). Filter UV organik (kimia) umumnya tidak mampu memberikan perlindungan terhadap seluruh spektrum sinar UV karena biasanya hanya efektif terhadap UVA atau UVB. Sebaliknya, filter UV anorganik (fisik) memiliki keunggulan berupa sifat fotostabil serta kemampuan memberikan perlindungan spektrum luas yang efektif terhadap UVA dan UVB (Thi et al., 2019). Dengan demikian, kombinasi filter UV organik dan anorganik dalam *hybrid sunscreen* diharapkan mampu memberikan perlindungan yang lebih optimal terhadap paparan radiasi UV.

Sunscreen tersedia dalam tiga kategori utama, yaitu *physical sunscreen*, *chemical sunscreen*, dan *hybrid sunscreen* (Firdaus et al., 2024). Beberapa tahun belakangan, *hybrid sunscreen* menjadi tren utama dalam industri kosmetik. Formulasi ini mengombinasikan filter kimia (organik) seperti avobenzone dan octinoxate dengan filter fisik (anorganik)

seperti zinc oxide (ZnO) dan titanium dioxide (TiO₂), dalam satu produk. Penggabungan ini dilakukan untuk mencapai perlindungan spektrum luas (*broad-spectrum*) dengan stabilitas yang lebih unggul. Selain itu, *hybrid sunscreen* juga dirancang untuk mengurangi kelemahan masing-masing jenis filter, misalnya potensi iritasi dari filter kimia atau efek residu putih (*white-cast*) yang biasa muncul dari filter fisik (Thi et al., 2019).

Meningkatnya popularitas *hybrid sunscreen* belakangan ini menghadirkan isu penting di masyarakat, yaitu masalah *overclaim* nilai SPF di pasaran. *Overclaim* ini mengacu pada ketidaksesuaian antara nilai SPF yang diklaim pada label produk dengan nilai perlindungan yang sebenarnya (aktual). Kondisi ini dapat merugikan perlindungan kulit konsumen dan menyesatkan. Masalah ini bahkan telah diangkat dari sudut pandang regulasi dan hukum, di mana praktik *overclaim* dianggap merugikan dan melanggar hak konsumen untuk mendapatkan informasi yang akurat (Yapputro & Gunadi, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, permasalahan mengenai ketidaksesuaian klaim ini merupakan isu yang konsisten. Salah satu studi yang melakukan validasi dan verifikasi hasil uji SPF pada sediaan *sunblock* dan *sunscreen* bermerek, menemukan adanya satu produk (SA-35) yang memiliki angka % *recovery* yang rendah (73.23%), di bawah batas standar yang disarankan yaitu 80-120% (Yuan, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa, terlepas dari klaim yang tinggi, terdapat masalah dalam validitas pengujian atau kestabilan formulasi yang pada akhirnya membuat nilai SPF yang terukur tidak akurat.

Kekhawatiran ini diperkuat oleh studi komparatif yang dilakukan oleh peneliti lain, yang menyimpulkan bahwa "*a few sunscreens are not having the SPF as specified on the label*" atau beberapa *sunscreen* tidak memiliki SPF seperti yang tertera pada labelnya, yang membuktikan adanya ketidakakuratan klaim SPF yang beredar di pasaran (Swapna et al., 2022). Isu ketidaksesuaian ini juga diperluas pada aspek stabilitas jangka panjang. Penelitian yang mengevaluasi akurasi klaim

SPF dan fotostabilitas produk komersial, menemukan bahwa nilai SPF beberapa produk terukur secara signifikan lebih rendah daripada labelnya. penelitian tersebut menyoroiti bahwa nilai SPF cenderung menurun pada semua sampel setelah penyimpanan tertentu, mengindikasikan masalah kestabilan formula seiring waktu yang dapat merugikan perlindungan konsumen (Kong, 2025).

Sebagai studi pendahuluan, dilakukan observasi terhadap *hybrid sunscreen* yang beredar luas di pasar Indonesia. Hasilnya menunjukkan tingginya variasi klaim SPF dan perbedaan dominasi filter yang digunakan dalam formulasi. Alasan objektif pemilihan sampel ini adalah tingginya prevalensi pasar di Indonesia sebagai negara tropis dengan paparan UV yang intens dan fenomena pasar maraknya promosi *sunscreen*, yang memicu isu *overclaim* dan tuntutan akan perlindungan konsumen. Observasi ini diperkuat oleh kajian literatur yang mengindikasikan adanya potensi ketidaksesuaian klaim (Swapna *et al.*, 2022; Yuan, 2020). Hasil studi pendahuluan ini memperkuat alasan bahwa penelitian verifikasi klaim dan studi komparatif secara *in vitro* relevan untuk dilakukan sebagai langkah awal yang efektif untuk menilai efikasi *sunscreen hybrid* berdasarkan karakteristik formulasinya.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi spektrofotometer UV-Vis (*Shimadzu*), kuvet kuarsa (*Quartz*), neraca analitik (*Excelent DJ-Series*), spatula, batang pengaduk, kaca arloji (*Normax*), beaker glass (*Iwaki*), labu takar 10 mL (*Iwaki*), gelas ukur (*Iwaki*), corong kaca (*Pyrex*), pipet tetes (*Pyrex*), vortex mixer (*DLAB*).

Bahan yang digunakan terdiri atas enam produk *hybrid sunscreen* sesuai kriteria inklusi, etanol pro analisa, dan kloroform pro analisa sebagai pelarut.

Prosedur Penelitian

1. Pengelompokkan produk berdasarkan dominasi filter
Setiap sampel *hybrid sunscreen* dianalisis komposisi filternya melalui metode *ingredient review* menggunakan *website INCIDecoder* untuk menentukan dominasi jenis filter UV, kemudian sampel dikelompokkan menjadi produk dengan dominasi filter fisik dan produk dengan dominasi filter kimia sebagai dasar proses komparasi nilai SPF.
2. Penentuan nilai SPF secara *in vitro*
Sebanyak 0,05 g sampel *sunscreen* dilarutkan dalam campuran etanol 96% dan kloroform (1:4) hingga volume 10 mL sehingga diperoleh konsentrasi 5000 ppm. Nilai absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 290–320 nm dengan interval 5 nm menggunakan blanko pelarut yang sama. Nilai SPF dihitung menggunakan persamaan Mansur (1986).

$$\text{SPF} = \text{CF} \times 290 \sum_{290}^{320} \text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda) \times \text{ABS}(\lambda)$$

Keterangan komponen rumus:

- CF (*Correction Factor*): Faktor koreksi, nilainya biasanya ditetapkan sebesar 10.
- EE (λ): Spektrum efek eritema pada panjang gelombang λ .
- I (λ): Intensitas spektrum matahari pada panjang gelombang λ .
- Abs (λ): Nilai absorbansi sampel tabir surya yang diukur pada panjang gelombang λ .

3. Analisis data
Data dianalisis menggunakan analisis univariat untuk memverifikasi klaim SPF melalui perhitungan nilai *recovery* (rentang 80–120%), dilanjutkan dengan analisis bivariat menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene test*. Jika data berdistribusi normal ($p > 0,05$) dan bersifat homogen ($p > 0,05$), maka dilakukan uji *Independent t-test*, namun jika data tidak

berdistribusi normal atau tidak homogen, maka dilakukan uji non-parametrik *Mann-Whitney U test* untuk menguji perbedaan

nilai SPF antara kedua kelompok dominasi filter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokkan Produk Berdasarkan Dominasi Filter

Tabel 1. Pengelompokkan produk berdasarkan dominasi filter

Sampel ID	SPF Label	Zat Aktif Fisik	Zat Aktif Kimia		Zat Aktif Dominan	Kelompok Produk Berdasarkan Dominasi Filter
AA	50	Zinc Oxide, Titanium Dioxide	Octocrylene, Salicylate, Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate, Homosalate, Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine, Ethylhexyl Triazone	Ethylhexyl Diethylamino Bis-Triazine,	Zinc Oxide	Fisik
WH	50	Zinc Oxide, Titanium Dioxide	Ethylhexyl Methoxycinnamate, Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine, Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate, Ethylhexyl Methoxy-cinnamate		Ethylhexyl Methoxy-cinnamate	Kimia
TE	50	Titanium Dioxide, Zinc Oxide	Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol, Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate, Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine, Ethylhexyl Triazone		Titanium Dioxide	Fisik
OE	50	Zinc Oxide	Ethylhexyl Methoxycinnamate, Octocrylene, Ethylhexyl Salicylate, Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine		Ethylhexyl Methoxy-cinnamate	Kimia
IA	40	Titanium Dioxide	Ethylhexyl Methoxycinnamate, Butyl Methoxydibenzoylmethane, Octocrylene		Ethylhexyl Methoxy-cinnamate	Kimia
AW	35	Titanium Dioxide	Ethylhexyl Salicylate, Butyl Methoxydibenzoylmethane, Homosalate		Titanium Dioxide	Fisik

Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan pengelompokan produk *hybrid sunscreen* berdasarkan dominasi jenis filter ultraviolet yang terkandung dalam masing-masing produk. Pengelompokan ini dilakukan dengan metode *ingredient review* melalui

penelusuran daftar komposisi bahan pada label produk menggunakan basis data kosmetik daring INCIDecoder. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi fungsi masing-masing bahan dalam formulasi kosmetik serta

menentukan jenis filter ultraviolet yang digunakan dalam produk *sunscreen*.

Berdasarkan hasil identifikasi komposisi bahan aktif, enam sampel produk *hybrid sunsreen* yang dianalisis kemudian dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu produk dengan dominasi filter fisik dan produk dengan dominasi filter kimia. Sampel AA dikategorikan sebagai produk dengan dominasi filter fisik karena mengandung zinc oxide sebagai salah satu komponen utama filter ultraviolet. Sampel TE dan AW juga termasuk dalam kategori produk dengan dominasi filter fisik karena mengandung titanium dioxide sebagai bahan aktif utama. Filter fisik seperti zinc oxide dan titanium dioxide bekerja dengan cara memantulkan dan menghamburkan radiasi ultraviolet dari permukaan kulit, serta sebagian juga menyerap radiasi tersebut sehingga mengurangi jumlah radiasi yang mencapai kulit (Riska Nafiah *et al.*, 2024). Sementara itu, sampel WH, OE, dan IA dikategorikan sebagai produk dengan dominasi filter kimia karena mengandung

bahan aktif utama berupa ethylhexyl methoxycinnamate. Filter kimia bekerja dengan cara menyerap energi radiasi ultraviolet dan mengubahnya menjadi energi panas yang tidak berbahaya bagi kulit (Maniaia *et al.*, 2013).

Dalam perkembangannya, banyak produk *sunsreen* modern menggunakan kombinasi kedua jenis filter tersebut dikenal sebagai *hybrid sunsreen*. Penggunaan kombinasi filter fisik dan kimia dalam satu formulasi bertujuan untuk memperluas spektrum perlindungan terhadap radiasi UVA dan UVB, meningkatkan stabilitas formulasi, serta mengoptimalkan efektivitas perlindungan terhadap paparan sinar matahari (Thi *et al.*, 2019). Oleh karena itu, meskipun suatu produk memiliki dominasi jenis filter tertentu, tetap terdapat adanya kombinasi dengan jenis filter lainnya dalam formulasi produk tersebut.

Perhitungan Nilai SPF *In Vitro*

Tabel 2. Perhitungan nilai SPF *in vitro* sampel produk

Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						
AA-50	290	3.198	4.000	4.000	3.733	0.463	0.015	0.056	10	36.39
	295	4.000	3.075	3.247	3.441	0.492	0.0817	0.281		
	300	4.000	4.000	4.000	4.000	0.000	0.2874	1.150		
	305	3.129	3.171	4.000	3.433	0.491	0.3278	1.125		
	310	4.000	3.131	3.785	3.639	0.453	0.1864	0.678		
	315	3.295	2.971	4.000	3.422	0.526	0.0837	0.286		
	320	4.000	2.972	3.324	3.432	0.522	0.018	0.062		
								3.639		
Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Abs rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						
WH-50	290	3.311	4.000	3.265	3.525	0.412	0.015	0.053	10	35.60
	295	3.221	3.233	4.000	3.485	0.446	0.0817	0.285		
	300	4.000	3.155	4.000	3.718	0.488	0.2874	1.069		
	305	3.315	3.483	4.000	3.599	0.357	0.3278	1.180		
	310	4.000	3.307	3.086	3.464	0.477	0.1864	0.646		
	315	3.046	3.321	3.007	3.125	0.171	0.0837	0.262		
	320	3.113	4.000	4.000	3.704	0.512	0.018	0.067		
								3.560		
Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Abs rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						

TE-50	290	4.000	4.000	4.000	4.000	0.000	0.015	0.060	10	35.51
	295	3.049	3.443	4.000	3.497	0.478	0.0817	0.286		
	300	4.000	3.224	3.200	3.475	0.455	0.2874	0.999		
	305	3.099	4.000	4.000	3.700	0.520	0.3278	1.213		
	310	3.333	4.000	3.086	3.473	0.473	0.1864	0.647		
	315	3.321	3.296	3.229	3.282	0.048	0.0837	0.275		
	320	4.000	4.000	4.000	4.000	0.000	0.018	0.072		
3.551										
Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Abs rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						
OE-50	290	3.099	3.441	3.052	3.197	0.212	0.015	0.048	10	35.05
	295	4.000	3.35	3.535	3.628	0.335	0.0817	0.296		
	300	4.000	4.000	3.020	3.673	0.566	0.2874	1.056		
	305	2.999	3.081	4.000	3.360	0.556	0.3278	1.101		
	310	4.000	3.66	2.873	3.511	0.578	0.1864	0.654		
	315	2.908	3.06	4.000	3.323	0.591	0.0837	0.278		
	320	3.83	4.000	4.000	3.943	0.098	0.018	0.071		
3.505										
Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Abs rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						
IA-40	290	2.862	2.867	4.000	3.243	0.656	0.015	0.049	10	34.43
	295	3.686	2.973	3.765	3.475	0.436	0.0817	0.284		
	300	2.905	4.000	2.929	3.278	0.625	0.2874	0.942		
	305	3.985	3.100	2.905	3.330	0.576	0.3278	1.092		
	310	3.086	4.000	4.000	3.695	0.528	0.1864	0.689		
	315	4.000	3.551	4.000	3.850	0.259	0.0837	0.322		
	320	2.916	4.000	4.000	3.639	0.626	0.018	0.065		
3.443										
Sampel ID	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi			Abs rata-rata	Standar Deviasi	EE x I	Abs x EE x I	CF	SPF
		1	2	3						
AW-35	290	4.000	3.420	3.185	3.535	0.419	0.015	0.053	10	33.98
	295	3.318	3.209	3.384	3.304	0.088	0.0817	0.270		
	300	3.200	4.000	3.406	3.535	0.415	0.2874	1.016		
	305	3.109	3.218	3.118	3.148	0.061	0.3278	1.032		
	310	4.000	2.972	3.018	3.330	0.581	0.1864	0.621		
	315	4.000	4.000	4.000	4.000	0.000	0.0837	0.335		
	320	3.83	4.000	4.000	3.943	0.098	0.018	0.071		
3.398										

Penentuan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *in vitro* dengan spektrofotometri UV-Vis pada rentang panjang gelombang 290–320 nm dengan interval 5 nm. Rentang panjang gelombang tersebut dipilih karena merepresentasikan spektrum radiasi UVB yang berperan utama dalam menyebabkan eritema atau kemerahan pada kulit akibat paparan sinar matahari

(Yulianti *et al.*, 2023). Nilai SPF kemudian dihitung menggunakan metode Mansur, yang didasarkan pada nilai absorbansi sampel pada setiap panjang gelombang yang dikalikan dengan faktor bobot efek eritema dan intensitas radiasi matahari ($EE \times I$) serta faktor koreksi tertentu.

Sebelum dilakukan pengukuran, sampel *sunscreen* terlebih dahulu dipreparasi dengan melarutkan sejumlah sampel dalam campuran

pelarut etanol dan kloroform dengan perbandingan 1:4 hingga volume akhir 10 mL. Kombinasi pelarut tersebut digunakan untuk membantu melarutkan komponen aktif *sunscreen* yang umumnya bersifat lipofilik sehingga dapat terdispersi secara homogen dalam larutan. Setelah proses pelarutan, larutan sampel kemudian dihomogenkan menggunakan vortex untuk memastikan seluruh komponen tercampur secara merata sebelum dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Mansur, diperoleh nilai SPF *in vitro* pada masing-masing sampel yaitu AA sebesar 36,39; WH sebesar 35,60; TE sebesar 35,51; OE sebesar 35,05; IA sebesar 34,43; dan AW sebesar 33,98. Meskipun demikian, pada beberapa panjang gelombang diperoleh nilai absorbansi yang mendekati batas maksimum pembacaan alat, sehingga hasil pengukuran diduga tidak sepenuhnya berada dalam rentang linier spektrofotometer.

Sampel AA-50 memiliki nilai SPF *in vitro* sebesar 36,39, lebih rendah dibandingkan nilai klaim SPF yang tercantum dalam label yaitu SPF 50. Berdasarkan hasil identifikasi komposisi pada Tabel 1, sampel AA termasuk produk dengan dominasi filter fisik yang ditunjukkan oleh zinc oxide sebagai zat aktif dominan. Keberadaan zinc oxide sebagai komponen pertama menunjukkan bahwa sampel ini didominasi oleh filter fisik. Filter fisik seperti zinc oxide dan titanium dioxide diketahui sulit larut sempurna dalam pelarut organik, sehingga menyebabkan larutan tampak sedikit keruh. Kondisi ini dapat memengaruhi homogenitas larutan dan interaksi cahaya saat pengukuran, sehingga nilai absorbansi yang diperoleh tidak sepenuhnya mencerminkan kemampuan serapan UV yang sebenarnya.

Sampel WH-50 menunjukkan nilai SPF *in vitro* sebesar 35,60, lebih rendah dari klaim SPF 50. Hal ini disebabkan karena keberadaan zinc oxide dan titanium dioxide sebagai filter fisik, serta adanya klaim efek *tone up* yang mengindikasikan komponen partikulat, dapat menyebabkan larutan menjadi agak keruh. Meskipun, sampel ini lebih banyak didominasi

oleh filter kimia namun kondisi ini dapat memengaruhi homogenitas larutan dan menyebabkan hasil pengukuran absorbansi menjadi kurang representatif.

Sampel TE-50 memiliki nilai SPF *in vitro* sebesar 35,51, lebih rendah dari klaim SPF 50. Hal ini juga disebabkan karena kandungan titanium dioxide sebagai komponen utama menunjukkan bahwa sampel ini didominasi oleh filter fisik. Selain itu, methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol merupakan filter hibrid yang juga memiliki karakteristik sulit larut. Pada penelitian, sampel ini tidak larut sempurna dan membentuk gumpalan, yang menunjukkan bahwa zat aktif tidak terdispersi secara homogen. Kondisi ini menyebabkan distribusi zat aktif dalam larutan tidak merata, sehingga nilai absorbansi yang diperoleh tidak mencerminkan keseluruhan kemampuan proteksi UV.

Sampel OE-50 memiliki nilai SPF *in vitro* sebesar 35,05, lebih rendah dibandingkan klaim SPF 50. Kandungan ethylhexyl methoxycinnamate sebagai komponen utama menunjukkan bahwa sampel ini termasuk dalam kelompok dominasi filter kimia. Meskipun filter kimia umumnya memiliki kelarutan yang lebih baik, keberadaan zinc oxide sebagai filter fisik serta kemungkinan interaksi antar komponen dalam formulasi dapat memengaruhi homogenitas larutan, sehingga hasil pengukuran tidak sepenuhnya mencerminkan kemampuan proteksi UV secara optimal.

Sampel IA-40 memiliki nilai SPF *in vitro* sebesar 34,43 yang relatif mendekati klaim SPF 40. Kandungan ethylhexyl methoxycinnamate sebagai komponen utama menunjukkan dominasi filter kimia. Filter kimia umumnya lebih mudah larut dalam pelarut organik, sehingga menghasilkan larutan yang jernih. Kondisi ini memungkinkan pengukuran absorbansi berlangsung lebih optimal dan menghasilkan nilai SPF yang lebih mendekati klaim. Selain itu, nilai SPF yang tidak terlalu tinggi dibandingkan sampel lain (SPF 50) menyebabkan pengukuran masih berada dalam rentang yang lebih sesuai untuk metode

Mansur, sehingga perbedaan antara nilai SPF hasil pengujian dan klaim label menjadi tidak terlalu besar.

Sampel AW-35 memiliki nilai SPF *in vitro* sebesar 33,98 yang mendekati klaim SPF 35. Kandungan titanium dioxide sebagai komponen utama menunjukkan bahwa sampel ini termasuk dalam kelompok dominasi filter fisik. Meskipun larutan tidak sepenuhnya jernih akibat keberadaan filter fisik, adanya kombinasi filter kimia dalam formulasi masih memungkinkan terjadinya penyerapan sinar UV secara cukup baik, sehingga nilai SPF yang diperoleh tetap mendekati klaim. Selain itu, nilai SPF yang lebih rendah dibandingkan sampel lainnya menyebabkan hasil pengukuran cenderung lebih stabil dan tidak terlalu dipengaruhi oleh keterbatasan metode Mansur, sehingga selisih antara nilai SPF *in vitro* dan klaim label relatif kecil.

Secara umum, kondisi ini menunjukkan bahwa hasil pengujian SPF *in vitro* tidak hanya dipengaruhi oleh nilai absorbansi yang diperoleh, tetapi juga oleh karakteristik formulasi dan keterbatasan metode pengujian yang digunakan. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa beberapa faktor yang dapat memengaruhi penyerapan radiasi ultraviolet pada produk tabir surya antara lain jenis pelarut yang digunakan, kombinasi dan

konsentrasi bahan aktif tabir surya, jenis sistem emulsi, serta interaksi antara bahan aktif dengan komponen pembawa seperti ester, emolien, dan pengemulsi dalam formulasi. Selain itu, faktor lain seperti sistem pH, sifat reologi emulsi, serta keberadaan bahan aktif tambahan juga dapat memengaruhi kemampuan produk dalam menyerap radiasi ultraviolet (Dutra *et al.*, 2004).

Selain faktor formulasi, tingkat ketidakpastian dalam pengukuran nilai SPF juga cenderung meningkat pada produk dengan nilai SPF tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai SPF suatu produk, maka semakin besar potensi variasi hasil yang diperoleh, baik pada pengujian *in vitro* maupun *in vivo*. Variasi tersebut terutama terlihat pada pengujian *in vivo* yang melibatkan sukarelawan manusia, di mana faktor biologis individu dapat memengaruhi respons kulit terhadap radiasi ultraviolet (Pissavini *et al.*, 2003). Oleh karena itu, dalam pengembangan produk tabir surya dengan nilai SPF tinggi, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai prinsip fisikokimia dari bahan aktif maupun komponen pembawa dalam formulasi, karena interaksi antara komponen-komponen tersebut dapat memengaruhi efektivitas perlindungan terhadap radiasi ultraviolet (Kong, 2025).

Persentase *Recovery* dan Kategori Klaim

Tabel 3. Persentase *recovery* dan kategori klaim

Sampel ID	SPF <i>In Vitro</i>	SPF Label	Persentase <i>Recovery</i> (%)	Kategori Klaim (Range Standar 80-120%) (Niazi, 2004)
AA-50	36.39	50	72.78	Tidak memenuhi standar
WH-50	35.60	50	71.20	Tidak memenuhi standar
TE-50	35.51	50	71.02	Tidak memenuhi standar
OE-50	35.05	50	70.10	Tidak memenuhi standar
IA-40	34.43	40	86.08	Memenuhi standar
AW-35	33.98	35	97.09	Memenuhi standar

Untuk mengetahui kesesuaian antara nilai SPF hasil pengujian dengan klaim yang tercantum pada label produk, dilakukan perhitungan persentase *recovery*. Persentase *recovery* dihitung dengan membandingkan nilai SPF *in vitro* yang diperoleh dari hasil pengujian dengan nilai SPF yang diklaim oleh produsen.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai persentase *recovery* masing-masing sampel yaitu AA sebesar 72,78%, WH sebesar 71,20%, TE sebesar 71,02%, OE sebesar 70,10%, IA sebesar 86,08%, dan AW sebesar 97,09%. Pada penelitian ini digunakan rentang penerimaan 80–120% untuk menentukan kesesuaian klaim SPF.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa empat produk yaitu AA, WH, TE, dan OE memiliki nilai *recovery* di bawah 80% sehingga dikategorikan sebagai produk dengan klaim SPF yang tidak memenuhi standar. Kondisi ini diduga berkaitan dengan keterbatasan metode Mansur yang digunakan. Metode Mansur menghitung nilai SPF berdasarkan absorbansi pada rentang panjang gelombang 290–320 nm yang merepresentasikan daerah UVB, sehingga lebih sesuai untuk mengevaluasi kemampuan perlindungan terhadap radiasi UVB. Sementara itu, produk *hybrid sunscreen* pada penelitian ini mengandung kombinasi filter fisik dan kimia yang bekerja pada spektrum UVB maupun UVA. Beberapa filter, seperti zinc oxide, titanium dioxide, dan bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine, memiliki kemampuan memberikan perlindungan spektrum luas sehingga kontribusi perlindungan pada daerah UVA tidak seluruhnya tercermin dalam perhitungan metode Mansur. Selain itu, pada penelitian ini nilai absorbansi beberapa sampel mencapai angka 4,000 yang merupakan batas maksimum pembacaan spektrofotometer UV-Vis. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa larutan memiliki daya serap yang sangat tinggi, namun berada di luar rentang linier alat sehingga akurasi pengukuran menurun. Akibatnya, nilai absorbansi yang diperoleh tidak lagi proporsional dengan konsentrasi sebenarnya, sehingga nilai SPF yang dihitung cenderung lebih rendah dibandingkan nilai SPF yang

sesungguhnya.

Di sisi lain, upaya pengenceran larutan untuk menurunkan nilai absorbansi agar berada dalam rentang linier justru menghasilkan nilai absorbansi yang semakin rendah dan diikuti dengan penurunan nilai SPF *in vitro*. Hal ini menunjukkan bahwa metode Mansur memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan produk dengan proteksi tinggi, karena pada konsentrasi tinggi terjadi saturasi alat, sedangkan pada konsentrasi rendah terjadi penurunan respons absorbansi yang tidak lagi mencerminkan kemampuan proteksi sebenarnya. Dengan demikian, baik kondisi absorbansi yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah sama-sama berpotensi menghasilkan nilai SPF yang tidak akurat.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mesías dkk., yang menyatakan bahwa metode Mansur memiliki keterbatasan dalam pengujian *sunscreen* dengan nilai SPF tinggi. Dalam penelitian tersebut dilaporkan bahwa semakin tinggi nilai SPF suatu produk, maka nilai SPF yang diperoleh dengan metode Mansur cenderung semakin rendah dibandingkan dengan nilai yang diklaim pada label. Hal ini disebabkan karena metode Mansur hanya mengukur serapan pada rentang UVB (290–320 nm), serta dipengaruhi oleh kemampuan ekstraksi bahan aktif ke dalam pelarut. Selain itu, beberapa filter fisik seperti titanium dioksida dan zinc oxide tidak larut sempurna dalam pelarut yang digunakan, sehingga kontribusi proteksinya tidak terukur secara optimal. Kondisi ini menyebabkan nilai SPF hasil pengujian menjadi lebih rendah dan tidak sepenuhnya merepresentasikan kemampuan proteksi sebenarnya, terutama pada produk dengan SPF tinggi (Mesías *et al.*, 2017).

Sementara itu, dua produk lainnya yaitu IA dan AW memiliki nilai *recovery* yang berada dalam rentang 80–120% sehingga dikategorikan sebagai produk dengan klaim SPF yang memenuhi standar. Hal ini diperkirakan karena klaim nilai SPF pada label kedua sampel lebih rendah dibandingkan empat sampel lainnya, sehingga masih berada dalam rentang pengukuran yang optimal dan tidak terlalu dipengaruhi oleh keterbatasan

metode Mansur. Dengan demikian, hasil yang diperoleh menjadi lebih representatif terhadap nilai SPF yang sebenarnya.

Analisis Data

Sebelum dilakukan analisis statistik untuk membandingkan nilai SPF antara dua kelompok produk, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal. Uji normalitas merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebelum melakukan uji statistik parametrik.

Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel yang relatif kecil yaitu < 50. Uji *Shapiro-Wilk* memiliki tingkat sensitivitas yang lebih baik dalam mendeteksi normalitas distribusi data dibandingkan beberapa metode uji normalitas lainnya.

Berdasarkan hasil analisis uji normalitas *Shapiro-Wilk*, diperoleh nilai signifikansi pada kelompok produk dengan dominasi filter fisik sebesar 0,705, sedangkan pada kelompok produk dengan dominasi filter kimia sebesar 0,934. Kedua nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai SPF *in vitro* pada kedua kelompok produk berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas ini, analisis statistik selanjutnya dapat dilanjutkan menggunakan uji parametrik.

Selain uji normalitas, analisis statistik parametrik juga memerlukan pemenuhan asumsi homogenitas varians, yaitu kondisi di mana varians antar kelompok data yang dibandingkan tidak berbeda secara signifikan. Uji homogenitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji *Levene's*. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai signifikansi pada uji *Levene's Test for Equality of Variances* sebesar 0,281 ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa varians data antara kedua kelompok bersifat homogen, sehingga analisis dilanjutkan menggunakan asumsi *Equal Variances Assumed*.

Dengan terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas varians, maka analisis statistik dapat dilanjutkan menggunakan uji parametrik *Independent T-Test*. Hasil analisis

Independent T-Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,750 ($p > 0,05$). Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai SPF *in vitro* pada produk *hybrid sunscreen* dengan dominasi filter fisik dan produk dengan dominasi filter kimia.

Secara deskriptif, hasil ini menunjukkan bahwa baik produk dengan dominasi filter fisik maupun produk dengan dominasi filter kimia sama-sama mampu memberikan perlindungan terhadap radiasi ultraviolet dengan nilai SPF yang relatif serupa. Hal ini dapat disebabkan karena sebagian besar produk *sunscreen* modern menggunakan kombinasi berbagai jenis filter UV dalam formulasi produknya. Dengan demikian, kemampuan perlindungan terhadap radiasi ultraviolet tidak hanya ditentukan oleh satu jenis filter saja, tetapi dipengaruhi oleh keseluruhan komposisi formulasi produk, termasuk jenis filter yang digunakan, konsentrasi bahan aktif, serta interaksi antar komponen dalam formulasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kombinasi dan konsentrasi bahan aktif tertentu, serta jenis formulasi secara keseluruhan seperti emulsi minyak dalam air (*oil in water*) atau air dalam minyak (*water in oil*), memainkan peran penting dalam memodulasi kemampuan atenuasi radiasi ultraviolet. Selain itu, interaksi antar komponen pembawa dalam formulasi, termasuk ester, emolien, dan pengemulsi, juga dapat memengaruhi bioavailabilitas serta sifat spektral filter UV dengan mengubah distribusi atau lingkungan mikro bahan aktif di dalam formulasi produk (Kong, 2025).

Dengan demikian, hasil pengukuran nilai SPF *in vitro* pada penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan dominasi jenis filter UV dalam produk *hybrid sunscreen* tidak secara langsung menghasilkan perbedaan nilai SPF yang mencolok secara deskriptif, karena efektivitas perlindungan terhadap radiasi ultraviolet dipengaruhi oleh berbagai faktor formulasi yang bekerja secara sinergis dalam suatu produk *sunscreen*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nilai SPF *in vitro* pada enam produk *hybrid sunscreen* menunjukkan hasil yang bervariasi dengan rentang 33,98–36,39. Hasil perhitungan *recovery* menunjukkan bahwa dua produk, yaitu IA-40 (86,08%) dan AW-35 (97,09%), memenuhi standar kesesuaian klaim SPF karena berada pada rentang 80–120%. Sementara itu, empat produk lainnya yaitu AA-50 (72,78%), WH-50 (71,20%), TE-50 (71,02%), dan OE-50 (70,10%) belum memenuhi standar kesesuaian klaim SPF. Hasil studi komparatif menunjukkan bahwa produk dengan dominasi filter fisik dan filter kimia memiliki nilai SPF yang relatif berdekatan serta tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik berdasarkan uji *Independent T-Test* ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas perlindungan tabir surya tidak hanya dipengaruhi oleh dominasi jenis filter UV, tetapi juga oleh formulasi produk secara keseluruhan. Penelitian ini memiliki keterbatasan karena pengujian hanya dilakukan menggunakan metode *in vitro* sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan efektivitas perlindungan tabir surya pada kondisi penggunaan langsung di kulit (*in vivo*).

SARAN

Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian dengan jumlah sampel produk yang lebih banyak serta mempertimbangkan analisis kandungan bahan aktif filter ultraviolet secara lebih mendalam, seperti melalui analisis konsentrasi bahan aktif atau metode karakterisasi lainnya. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat menggunakan metode pengujian lain seperti metode *in vivo* atau metode *in vitro* yang berbeda untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas perlindungan *sunscreen* terhadap radiasi ultraviolet.

DAFTAR PUSTAKA

Dutra, E. A., Almança, D., Kedor-, E. R. M., Inês, M., & Miritello, R. (2004).

Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 40(Equation 1), 381–385.

Firdaus, M. M., Sudarti, & Yushardi. (2024). Analisis Pencegahan Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet oleh Matahari Menggunakan Sunscreen untuk Skin Barrier. *Jurnal Pendidikan Tambusa*, 8(2), 23321–23329.

Herlambang, D. (2025). *BMKG: 2024 Jadi Tahun Terpanas Sepanjang Sejarah, Perubahan Iklim Kian Membahayakan Kesehatan Publik*. BMKG. <https://www.bmkg.go.id/berita/utama/bmkg-2024-jadi-tahun-terpanas-sepanjang-sejarah-perubahan-iklim-kian-membahayakan-kesehatan-publik>

Indah, F. ., Asyifa, N., & Darma Putra, F. (2025). The Impact of Global Warming on Climate Change (Systematic Literature Review). *Journal of Climate Change Society*, 3(1), 37–44. <https://doi.org/10.24036/jccs/vol3-iss1/43>

Kong, H. (2025). Comparative Evaluation of UV Spectrophotometry for Sun Protection Factor (SPF) Determination in a Reproducible *In Vitro* Method. *Analytical Chemistry: A Journal*, 4(1), 40–46. <https://doi.org/10.23977/analc.2025.040106>

Manaia, E. B., Kaminski, R. C. K., Corrêa, M. A., & Chiavacci, L. A. (2013). Inorganic UV filters. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(2), 201–209. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502013000200002>

Mesías, G., Gabriel, L., Qwisgaard, R., Mijail, A., Untivero, C., Paola, G., Kobayashi, P., Augusto, L., Shimabukuro, M., Sugahara, K., & Akemi, A. (2017). Comparison Of The Photoprotective Effects Of Sunscreens Using Spectrophotometric Measurements Or The Survivability Of Yeast Cells. *Rev Soc Quim Peru*, 83(3), 294–307.

Niazi, S. K. (2004). *Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations Semisolid Products*.

- Pissavini, M., Ferrero, L., Alard, V., Heinrich, U., & Tronnier, H. (2003). Determination of The In Vitro SPF. *Cosmetics and Toiletries Magazine*, 118(10), 63–72.
- Riska Nafiah, S., Fitraneti, E., Rizal, Y., Primawati, I., & Hamama, D. A. (2024). Pengaruh Paparan Sinar Ultraviolet terhadap Kesehatan Kulit dan Upaya Pencegahannya. *Scientific Journal*, 3(3), 185–194.
<http://journal.scientic.id/index.php/sciena/issue/view/19>
- Strahlenschutz, B. für. (2023). *Influence of Climate Change on UV Exposure*. https://www.bfs.de/EN/topics/opt/uv/climate-change/climate-uv-exposure/climate-uv-exposure_node.html#Start
- Swapna, D., Nand, K., Padmasree, M., & Akash, M. D. (2022). Comparative Sun Protection Factor (SPF) Evaluation of Marketed Sunscreen Creams by In-Vitro method. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(6), 800–803.
<https://doi.org/10.35629/7781-0706800802>
- Thi, L., Ngoc, N., Tran, V. Van, Moon, J., Chae, M., & Park, D. (2019). Recent Trends of Sunscreen Cosmetic : An Update Review. *Cosmetics*, 6(64), 1–15.
- Wibawa, G. E., Yuar, A. A., Rahmawati, F., Valencia, P. N., Sheila, B., Hakim, O., Rizky, M., Bisa, Y., & Ayu, N. M. (2025). Effectiveness of Sunscreen in Preventing Skin Problems. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4), 5137–5144.
- Yapputro, P. A., & Gunadi, A. (2024). Analisis Yuridis Terhadap Tindakan Overclaim Produk Kosmetika Sediaan Sunscreen. *Jurnal Hukum Lec Generalis*, 5(12), 1–17.
- Yuan, R. A. (2020). Validasi Dan Verifikasi Hasil Uji Sun Protection Factor (Spf) Pada Sediaan Sunblock Dan Sunscreen Bermerk Dengan Metode Spektrofotometri. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 3(1), 29–38.
<https://doi.org/10.30651/jmlt.v3i1.4770>