

**FORMULASI DAN KARAKTERISASI FISIK SEDIAAN
NANOEMULGEL *FUCOXANTHIN* DARI ALGA COKELAT
(*Sargassum* sp.) SEBAGAI TABIR SURYA**



**ALIFIAH NUR FATIKHA
N011201117**

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



**FORMULASI DAN KARAKTERISASI FISIK SEDIAAN
NANOEMULGEL *FUCOXANTHIN* DARI ALGA COKELAT
(*Sargassum* sp.) SEBAGAI TABIR SURYA**

**ALIFIAH NUR FATIKHA
N011201117**



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

FORMULASI DAN KARAKTERISASI FISIK SEDIAAN
NANOEMULGEL *FUCOXANTHIN* DARI ALGA COKELAT
(*Sargassum* sp.) SEBAGAI TABIR SURYA

ALIFIAH NUR FATIKHA
N011201117

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Farmasi

pada

**PROGRAM STUDI FARMASI
DEPARTEMEN FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI
FORMULASI DAN KARAKTERISASI FISIK SEDIAAN
NANOEMULGEL *FUCOXANTHIN* DARI ALGA COKELAT
(*Sargassum* sp.) SEBAGAI TABIR SURYA

ALIFIAH NUR FATIKHA
N011201117

Skripsi

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Farmasi pada 24 April
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

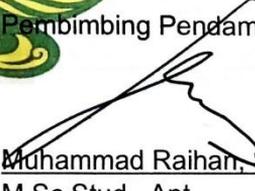


Program Studi Farmasi
Departemen Farmasi
Fakultas Farmasi
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Utama,

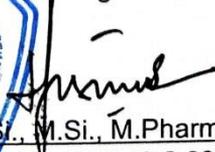

Rangga Meidianto Asri, S.Si.,
M.Pharm.Sc., Apt.
NIP. 19890518 201404 1 001

Pembimbing Pendamping,


Muhammad Raihan, S.Si.,
M.Sc.Stud., Apt.
NIP. 19900528 201504 1 001



Mengetahui
Ketua Program Studi,


Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.
NIP. 19860116 201012 2 009

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "FORMULASI DAN KARAKTERISASI FISIK SEDIAAN NANOEMULGEL *FUCOXANTHIN* DARI ALG COKELAT (*Sargassum* sp.)" adalah benar karya saya dengan arahan dan bimbingan (Rangga Meidianto Asri, S.Si., M.Pharm.Sc., Apt. dan Bapak Muhammad Raihan, S.Si., M.Sc.Stud., Apt.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 24-04-2022



Alifiah Nur Fatikh
ALIFIAH NUR FATIKH
N01120111

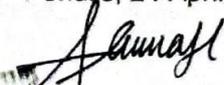
UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada persembahan terbaik yang dapat penulis berikan selain ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih, yaitu kepada Bapak Rangga Meidianto Asri, S.Si., M.Pharm.Sc., Apt. selaku pembimbing utama dan Bapak Muhammad Raihan, S.Si., M.Sc.Stud., Apt. selaku pembimbing pendamping yang dengan ikhlas dan sabar telah meluangkan waktu, tenaga, ilmu, serta arahan dalam penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Serta terima kasih kepada Tim FCX, Gilang, Risna, Dije, dan Fiyah yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

Terima kasih kepada Sahabat-sahabat di "Vanilla", Asyilah, Isti, Nuril, Lina, Aidah, Hamyan, Nad, dan Hiday yang telah menjadi teman seperjuangan dalam menghadapi hirup piruk proses perkuliahan serta terima kasih telah memberikan dukungan satu sama lain.

Akhirnya, dengan penuh rasa syukur, saya ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu dan Ayah serta anggota Canneng *family* yang selalu memberikan motivasi, arahan, dukungan moral dan material kepada penulis. Bimbingan, doa, dan dukungan tanpa henti dari kalian adalah tiang kokoh penyelesaian skripsi ini. Kalian adalah sumber inspirasi dan kekuatan saya. Semua jerih payah dan pengorbanan kalian tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih, Ibu dan Ayah, atas cinta dan dukungan tanpa batas.

Penulis, 24 April 2024


Alifah Nur Fatikha

ABSTRAK

ALIFIAH NUR FATIKHA. **Formulasi dan karakterisasi fisik sediaan nanoemulgel fucoxanthin dari alga cokelat (*Sargassum sp.*) sebagai tabir surya** (dibimbing oleh Rangga Meidianto Asri dan Muhammad Raihan).

Latar belakang. *Fucoxanthin* (FCX) memiliki kemampuan sebagai *UV-Protector* untuk mencegah kulit dari bahaya radiasi sinar matahari yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai tabir surya. Namun, keterbatasan sifat fisika-kimia dan kestabilan senyawa FCX mengakibatkan senyawa ini sukar berpermeasi ke dalam kulit dan memerlukan sistem penghantaran yang optimal. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk memformulasi senyawa FCX menjadi nanoemulgel dan mengevaluasi karakter fisik sediaan yang terdiri atas ukuran partikel nanoemulsi, sentrifugasi, organoleptis, pH, viskositas, reologi, daya sebar, uji permeasi secara *ex vivo*, dan penentuan nilai SPF secara *in vitro*. **Hasil.** Evaluasi organoleptis menggambarkan bahwa ketiga formula sediaan nanoemulgel memenuhi karakteristik fisik yang diharapkan. Uji pH berada pada rentang 5,4-5,7. Viskositas sebesar 12,600-14,366 cPs, dan daya sebar 6,2–6,9 cm² yang menunjukkan kesesuaian dengan karakteristik sediaan gel. Uji sentrifugasi tidak menimbulkan pemisahan fase sehingga sediaan dianggap stabil secara fisik. Ukuran partikel menunjukkan ketiga formula memiliki rentang ukuran 15-25 nm dan menunjukkan distribusi partikel yang homogen dan merata (nilai PDI <0,3). Jumlah FCX yang berpermeasi selama 6 jam pada F1, F2, dan F3 adalah 3,8218 ± 0,0187 mg/cm², 4,559 ± 0,030 mg/cm², dan 4,679 ± 0,0160 mg/cm², sehingga FCX yang diformulasikan dalam nanoemulgel dapat menembus lapisan kulit dan berpermeasi dengan baik. Kemudian, pada ketiga formula menunjukkan nilai SPF dengan rentang 28-30. **Kesimpulan.** Dengan demikian, FCX yang diformulasikan ke dalam bentuk sediaan nanoemulgel memiliki karakteristik yang optimal sebagai tabir surya.

Kata Kunci : *fucoxanthin*, hidrogel, nanoemulsi, tabir surya, topikal

ABSTRACT

ALIFIAH NUR FATIKHA. *Formulation and Physical Characterization of Fucoxanthin Nanoemulgel from Brown Algae (Sargassum Sp.) for Sunscreen Application* (supervised by Rangga Meidianto Asri and Muhammad Raihan).

Background. Fucoxanthin (FCX) exhibits UV-protective capabilities, making it a promising candidate for sunscreen development to shield the skin from the potential harm of solar radiation. However, challenges related to the physical-chemical properties and stability of FCX necessitate the development of an effective delivery system for optimal skin permeation. **Aim.** This research aimed to formulate the FCX compound into nanoemulgel and evaluate the physical characteristics of the preparation including nanoemulsion particle size, centrifugation, organoleptic evaluation, pH, viscosity, rheology, spreading ability, ex vivo permeation testing, and determination of SPF value in vitro. **Results.** Organoleptic evaluation depicted that all three nanoemulgel formulations met the expected physical criteria. The pH test ranged from 5,4 to 5,7. The viscosity ranged from 12,600 to 14,366 cPs, and the spreadability was between 6,2–6,9 cm², indicating compatibility with gel formulation characteristics. Centrifugation tests did not result in phase separation, thus considering the formulation physically stable. Particle Size Analyzer (PSA) revealed that all three formulations had particle size ranges of 15-25 nm, showing a homogeneous and uniform particle distribution (PDI value <0,3). The amount of FCX permeated for 6 hours in F1, F2, and F3 was 4,679 ± 0,0160 mg/cm², 4,559 ± 0,030 mg/cm², and 3,8218 ± 0,0187 mg/cm². Respectively, showed effective permeation of FCX formulated in nanoemulgel through skin layers. The SPF values for all three formulations ranged from 28 to 30. **Conclusion.** Therefore, the nanoemulgel formulation of FCX exhibited optimal characteristics as a sunscreen.

Keywords: fucoxanthin, hydrogel, nanoemulsion, sunscreen, topical

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Teori Dasar	2
1.1 Fucoxanthin	2
1.2 Anatomi dan fisiologi kulit	3
1.3 Radiasi sinar ultraviolet (UV)	5
1.4 Tabir surya	6
1.5 Nanoemulgel	6
1.3 Rumusan masalah	7
1.4 Tujuan penelitian	7
BAB II METODE PENELITIAN	8
II.1 Alat dan bahan	8
II.2 Metode kerja	8

II.2.1 Ekstraksi, isolasi dan purifikasi	8
II.2.2 Formulasi nanoemulgel.....	8
II.2.2.1 Pembuatan basis hidrogel.....	9
II.2.2.2 Pembuatan nanoemulsi	9
II.2.2.3 Pembuatan nanoemulgel	9
II.2.3 Karakterisasi Fisik Nanoemulsi	9
II.2.3.1 Sentrifugasi.....	9
II.2.3.2 Ukuran partikel.....	9
II.2.4 Karakterisasi fisik nanoemulgel.....	9
II.2.4.1 Pemeriksaan organoleptis.....	9
II.2.4.2 Pengukuran pH.....	9
II.2.4.3 Pengukuran viskositas dan reologi	9
II.2.4.4 Pengukuran daya sebar	9
II.2.4.5 Permeasi secara ex vivo	10
II.2.4.6 Penentuan nilai SPF secara in vitro	10
II.2.5 Pengumpulan dan analisis data	10
BAB III HASIL	11
III.1 Ekstraksi, isolasi dan purifikasi	11
III.2. Formulasi nanoemulgel.....	11
III.3 Karakterisasi Fisik Nanoemulsi	11
III.3.1 Sentrifugasi.....	11
III.3.2 Ukuran partikel.....	12
III.4 Karakterisasi fisik nanoemulgel.....	13
III.4.1 Pemeriksaan organoleptis.....	13
III.4.2 Pengukuran pH.....	14

III.4.3. Pengukuran viskositas dan reologi	14
III.4.4 Pengukuran daya sebar	14
III.4.5 Permeasi secara ex vivo	14
III.4.6 Penentuan nilai SPF secara in vitro	15
BAB IV Pembahasan	18
IV.1 Ekstraksi, isolasi, dan purifikasi	18
IV.2 Formulasi nanoemulgel	18
IV.3 Karakterisasi Fisik Nanoemulsi.....	20
IV.3.1 Sentrifugasi.....	20
IV.3.2 Ukuran partikel	20
IV.4 Karakterisasi fisik nanoemulgel	21
IV.4.1 Pemeriksaan organoleptis	21
IV.4.2 Pengukuran pH.....	21
IV.4.3. Pengukuran viskositas dan reologi	22
IV.4.4 Pengukuran daya sebar.....	22
IV.4.5 Permeasi secara ex vivo.....	23
IV.4.6 Penentuan nilai SPF secara in vitro.....	23
BAB V KESIMPULAN	25
DAFTAR PUSTAKA.....	26
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Nomor urut	halaman
1. Formula nanoemulgel FCX	8
2. Nilai Efisiensi eritema dikalikan dengan Spektrum simulasi sinar surya	10
3. Pengujian ukuran partikel nanoemulsi dan indeks polidispersitas	13
4. Hasil pengujian organoleptis ketiga formula nanoemulgel	13
5. Hasil pengujian pH, viskositas dan reologi serta daya sebar	13
6. Hasil pengujian permeasi secara <i>ex vivo</i>	15
7. Hasil pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 290-320 nm F1	15
8. Hasil pengukuran nilai SPF pada formula 1	16
9. Hasil pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 290-320 nm F2	16
10. Hasil pengukuran nilai SPF pada formula 2	16
11. Hasil pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 290-320 nm F3	17
12. Hasil pengukuran nilai SPF pada formula 3	17
13. Data formulasi hasil orientasi basis hidrogel	34
14. Hasil pengukuran jenis aliran	34

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	halaman
1. Struktur <i>Fucoxanthin</i>	2
2. Struktur kulit pada manusia	3
3. Lapisan epidermis	4
4. Ilustrasi permeabilitas emulsi konvensional dan nanoemulsi	6
5. Hasil karakterisasi <i>fucoxanthin</i> (menggunakan instrumen KLT-Densitometer (A, B) dan menggunakan FTIR (C))	11
6. Formula nanoemulsi	12
7. Formula nanoemulgel	12
8. Hasil pengujian kestabilan fisik	12
9. Grafik hasil pengukuran Ph, viskositas, daya sebar, dan ukuran partikel pada formula F1, F2, dan F3	13
10. Reogram hasil pengukuran jenis aliran pada F1, F2, dan F3	14
11. Grafik hasil pengujian permeasi secara <i>ex vivo</i>	15
12. Hasil formulasi hidrogel	34
13. Hasil karakterisasi menggunakan ¹ H-NMR	41
14. Proses formulasi NEG-FCX	42
15. Proses uji viskositas dan reologi	42
16. Proses uji daya sebar	42
17. Proses uji pH	42
18. Proses uji sentrifugasi	42
19. Proses uji permeasi	42

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	halaman
1. Skema kerja umum	33
2. Data formulasi dan karakterisasi	34
3. Hasil pengujian statistik.....	36
4. Perhitungan.....	39
5. Hasil karakterisasi isolat <i>fucoxanthin</i> dari alga cokelat (<i>Sargassum</i> sp.)	41
6. Dokumentasi penelitian	42
7. <i>Curriculum Vitae</i>	43

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan frekuensi sinar matahari yang berlebih sepanjang tahunnya. Paparan berulang pada kulit terhadap sinar matahari berpotensi menyebabkan perubahan pada struktur kulit. Kerusakan pada kulit dapat terjadi lebih cepat akibat adanya faktor intrinsik yang disebabkan oleh pengaruh genetik dan hormonal yang tidak dapat dihindari serta faktor ekstrinsik yang disebabkan oleh faktor lingkungan, terutama radiasi sinar UV (*ultra violet*) yang terdiri atas 95% UVA dan 5% UVB (Avianka et al., 2021).

Sinar UVB (290-315 nm) dapat menembus ke dalam lapisan epidermis kulit (*stratum korneum*) yang menjadi penyebab eritema dan sinar UVA (315-400 nm) dapat menembus ke dalam lapisan dermis kulit dan memiliki peran utama dalam kerusakan kulit kronis (Avianka et al., 2021; Krutmann et al., 2021). Sinar UVA juga bereaksi dengan sel-sel kulit untuk menghasilkan radikal bebas yang sangat aktif dan secara tidak langsung dapat menyebabkan mutasi DNA yang jika tidak diperbaiki dapat menyebabkan kanker kulit baik melanoma maupun non-melanoma (Geoffrey et al., 2019).

Penggunaan tabir surya merupakan salah satu upaya untuk melindungi kulit dari paparan sinar UV. *Fucoxanthin* (FCX) yang ditemukan secara eksklusif pada alga cokelat (*Sargassum* sp.) memiliki kemampuan untuk melindungi kulit dari radiasi sinar UV. Penambahan FCX dalam tabir surya dapat meningkatkan total penyerapan UV (UVA dan UVB) sebesar 72% (Tavares et al., 2020). Selain itu, FCX dapat mencegah terjadinya kerusakan DNA akibat radiasi UV-B pada sel fibroblas manusia (Denis, 2019). Oleh karena itu, pemanfaatan alga cokelat sebagai penghasil senyawa FCX menjadi kosmetika tabir surya sangat berpotensi.

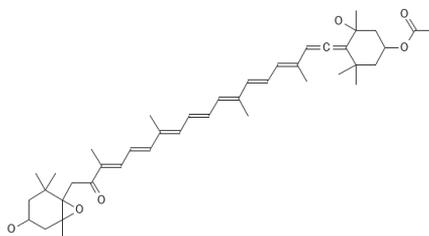
Meskipun senyawa FCX telah dilaporkan memiliki aktivitas sebagai UV-*Protector*, hingga saat ini senyawa tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dalam sediaan topikal (Zhao et al., 2020). FCX yang digunakan secara oral memiliki kelarutan yang rendah di dalam air dan dapat terdegradasi oleh cairan lambung, sehingga bioavailabilitasnya menjadi rendah dan mempengaruhi efek farmakologisnya yang berdampak pada proses distribusi untuk mencapai sel target (Otani et al., 2020; Wang et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan rute penghantaran obat secara topikal untuk meningkatkan lokalisasi FCX pada kulit. Dibalik potensinya yang besar untuk dihantarkan secara topikal, senyawa FCX memiliki beberapa tantangan dalam proses formulasi. Senyawa akan mudah menembus dermis kulit apabila memiliki log P sebesar 1-3, sedangkan senyawa FCX memiliki log P sebesar 7,8 yang menyebabkan senyawa ini akan tertahan di lapisan *stratum korneum* dan tidak dapat menembus sel target di lapisan dermis kulit (Kathe & Kathpalia, 2017). Selain itu, FCX merupakan senyawa yang tidak stabil terhadap cahaya daudara sehingga aktivitas senyawa tersebut dapat berkurang karena permasalahan kestabilannya (Lopez et al., 2021).

Selain itu, nanoemulsi dapat mengatasi masalah terkait dengan kelarutan, pelepasan termodifikasi (*modified release*), dan spesifisitas target (*target specificity*) (Gokhale et al., 2019). Namun, sediaan nanoemulsi memiliki viskositas yang rendah, sehingga daya sebar dan retensi terhadap kulit menjadi kurang baik. Inkorporasi nanoemulsi menjadi nanoemulgel merupakan strategi untuk mengatasi hal tersebut (Sengupta & Bappaditya, 2017). Nanoemulsi dari sistem penghantaran ini dapat melindungi senyawa dari degradasi enzimatik dan hidrolisis, kemudian hidrogel memberikan stabilitas termodinamika pada sistem dengan mengurangi tegangan permukaan dan antar muka, serta dapat meningkatkan viskositas dan kemampuan daya sebar yang baik. Nanoemulgel memiliki berbagai keunggulan dibandingkan nanopartikel lipid, mikroemulsi atau liposom dalam penghantaran secara topikal karena kapasitas pemuatan obat (*drug loading*) yang tinggi, difusibilitas dan penetrasi yang lebih baik, dan tidak mengiritasi kulit (Ojha et al., 2022).

I.2 Teori Dasar

I.2.1 Fucoxanthin

Fucoxanthin termasuk dalam golongan senyawa karotenoid. FCX sendiri merupakan senyawa metabolit sekunder yang ditemukan melimpah sekitar 10% dari total senyawa karotenoid di alam serta menjadi ciri khas dari alga cokelat. FCX adalah pigmen yang terdapat pada kloroplas alga eukariotik yang memiliki peran dalam proses fotosintesis (Lopez et al., 2021).



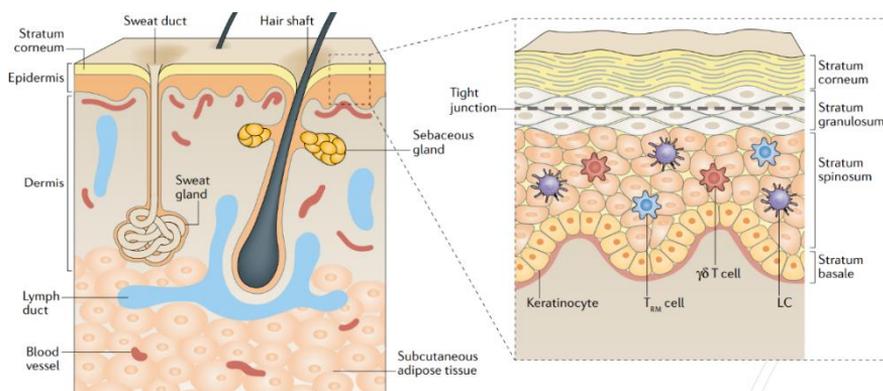
Gambar 1. Struktur Fucoxanthin

FCX memiliki struktur unik yang mencakup ikatan *allenic*, karbonil terkonjugasi, 5,6-monoepoksida, dan juga gugus asetil (Zarekarizi et al., 2018). Di antara 700 karotenoid yang ditemukan di alam, hanya sekitar 40 karotenoid yang memiliki ikatan allenik yang dapat memberikan ikatan bebas (aktivitas penangkal radikal bebas) karena memiliki gugus epoksi, hidroksil, karbonil, dan karboksil. FCX diketahui memiliki kemampuan antioksidan yang efektif dengan cara menghilangkan oksigen molekul tunggal dan radikal bebas. Namun, kestabilan fucoxanthin tidak optimal, dan dapat dengan mudah mengalami degradasi akibat pemanasan, paparan udara, atau sinar cahaya. Studi telah membuktikan bahwa FCX mengurangi tingkat spesies oksigen reaktif (ROS) di dalam sel dan menghambat peroksidasi lipid (Liu et al., 2011). Selain itu, FCX terkenal dapat meningkatkan sistem pertahanan antioksidan endogen dalam sel (Zheng et al., 2014). FCX juga memperlihatkan kemampuan perlindungan dalam melawan kerusakan DNA dari radiasi UV-B pada sel fibroblas manusia. Hal ini menunjukkan bahwa FCX juga memiliki kemampuan

dalam mencegah terjadinya kerusakan kulit akibat adanya radiasi sinar UV (Nursid et al., 2017).

FCX memiliki kemampuan penyerapan dalam rentang panjang gelombang 320 hingga 500 nm (dari UVA I hingga cahaya tampak, dengan λ_{\max} pada 448 nm). Aktivitas FCX ini dapat mencegah penuaan kulit akibat paparan UVA dan melindungi dari produksi spesies oksigen reaktif (ROS). Konsentrasi FCX yang aman untuk sediaan topikal adalah 0,01 – 0,5% (w/v) (Tavares et al., 2020).

1.2.2 Anatomi dan fisiologi kulit



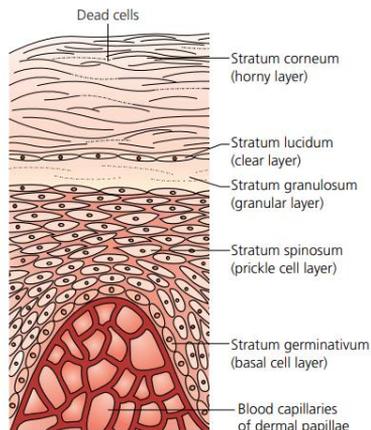
Gambar 2. Struktur kulit pada manusia (Kabashima et al., 2019)

Sistem integumen merujuk pada lapisan luar (eksternal) yang meliputi seluruh tubuh dan dikenal sebagai kulit. Komponen sistem ini mencakup kulit, rambut/bulu, kuku, kelenjar sebacea (minyak), dan kelenjar keringat. Kulit merupakan organ terbesar dengan luas keseluruhan sekitar $\approx 2 \text{ m}^2$ pada tubuh manusia. Kulit berperan sebagai *barrier* oleh tubuh untuk melawan lingkungan eksternal, mengatur keseimbangan tubuh termasuk suhu, dan berfungsi sebagai perantara dalam merasakan sentuhan. Kulit tidak hanya berfungsi sebagai lapisan luar tubuh, melainkan juga sebagai batas yang sangat peka antara tubuh kita dan lingkungan sekitar. Kulit memiliki beberapa fungsi yang sangat penting, di antaranya yaitu sebagai berikut (Ramadhani & Rachmawati, 2022):

- Memberikan bantalan perlindungan terhadap luka bagi jaringan di bawahnya.
- Melindungi tubuh dari bakteri atau virus patogen asing.
- Menggunakan sinar matahari untuk memproduksi vitamin D.
- Mengatur suhu tubuh.
- Berfungsi sebagai indera perasa yang sensitif terhadap perubahan pada kulit.
- Menyimpan air dan zat-zat berguna di dalam tubuh, serta mengeluarkan kelebihan air dan zat-zat tidak berguna melalui proses pengeluaran, seperti berkeringat.
- Berperan dalam fungsi estetika.

Ada dua lapisan utama pada kulit yaitu epidermis yang merupakan lapisan luar dan lebih tipis serta dermis, yang merupakan lapisan dalam dan lebih tebal. Di bawah dermis terdapat lapisan subkutan, yang melekat pada organ dan jaringan di bawahnya.

1.2.2.1 Epidermis



Gambar 3. Lapisan epidermis (McGuinness, 2021)

Epidermis adalah lapisan paling permukaan dari kulit. Epidermis memiliki kemampuan menyimpan sejumlah besar air, dimana lapisan sel basalnya mengandung sekitar 80% air dan lapisan tanduknya mengandung sekitar 15% air. Air disimpan di antara sel-sel, dan lapisan-lapisan bagian dalam memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan-lapisan bagian luar. Kapasitas kulit untuk mempertahankan kelembaban berkurang seiring bertambahnya usia, membuat kulit lebih rentan terhadap dehidrasi dan pembentukan kerutan. dan terdiri dari lima lapisan sel (McGuinness, 2021):

- *stratum germinativum* (lapisan sel basal) – lapisan paling dalam
- *stratum spinosum* (lapisan sel berduri)
- *stratum granulosum* (lapisan granuler)
- *stratum lucidum* (lapisan transparan)
- *stratum corneum* (lapisan tanduk) – lapisan paling luar.

1.2.2.2 Dermis

Dermis terletak di bawah epidermis dan merupakan lapisan kulit yang lebih dalam dan tebal, dengan ketebalan hingga 3 mm. Dermis mengandung berbagai jenis jaringan yang memberikan kerangka pendukung untuk kulit, melibatkan pembuluh darah, saraf, akar rambut, dan kelenjar keringat serta kelenjar sebacea. Integritas struktural dan kepadatan kulit ditentukan di sini oleh keberadaan kolagen, elastin, dan matriks ekstraseluler (McGuinness, 2021).

1.2.3 Radiasi Sinar UV

Kulit berfungsi sebagai baris pertahanan utama tubuh kita, mencegah penetrasi polutan lingkungan eksternal, termasuk radiasi UV dan zat kimia lingkungan. Stres oksidatif, terutama disebabkan oleh radiasi UV, adalah penyebab

utama penuaan ekstrinsik atau foto-penuaan. Dampak utama radiasi UV pada kulit mencakup kerusakan DNA, stres oksidatif, pengaruh merugikan pada matriks ekstraseluler, peradangan, dan penekanan sistem kekebalan. Oleh karena itu, sebagai langkah pencegahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh UV, menggunakan produk perawatan kulit yang mengandung bahan antioksidan fungsional dapat menjadi salah satu strategi yang efektif. Selain itu, penggunaan formulasi yang mencakup baik bahan kimia tabir surya maupun antioksidan alami dapat menjadi pendekatan yang paling informatif untuk melindungi kulit dari kerusakan akibat paparan sinar matahari (Lee & Nam, 2020).

Kerentanan kulit manusia terhadap dampak merugikan dari agresi eksternal memainkan peran yang sangat signifikan dalam memperburuk proses penuaan dan meningkatkan risiko terjadinya penyakit kulit umum. Radiasi UV dari sinar matahari merupakan salah satu faktor utama yang memiliki dampak signifikan. Panjang gelombang yang berbeda dari radiasi UV dapat menyebabkan efek merusak yang berbeda, khususnya sinar UVB (280-320 nm) yang rentan menyebabkan peradangan kulit, luka bakar, dan kemerahan, terutama pada lapisan permukaan kulit. Sinar UVA, terbagi menjadi UVA1 (340-400 nm) dan UVA2 (320-340 nm) dapat mengakibatkan timbulnya noda, bintik-bintik, kekenduran kulit, kerusakan dan melemahnya kolagen, kerusakan DNA, serta keriput karena kemampuannya menembus lebih dalam ke lapisan kulit. Selain itu, pertahanan alami yang ada tidak memadai untuk menjaga kulit dan sel-selnya dari dampak merugikan radiasi UV. Oleh karena itu, efek inflamasi dan oksidatif radiasi UV pada kulit manusia dapat meningkatkan risiko munculnya beberapa penyakit kulit, seperti dermatitis atopik, psoriasis, jerawat, bahkan kanker kulit. Hal ini juga menjadi penyebab utama penuaan dini atau percepatan proses penuaan dan menurunnya kemampuan regenerasi kulit (Geoffrey et al., 2019).

Melanin berfungsi sebagai *UV-filter* secara endogen yang terbentuk oleh melanosit. Pheomelanin dan eumelanin merupakan varian utama melanin yang terdapat di kulit, rambut, iris mata, dan *stria vascularis* telinga bagian dalam, sementara neuromelanin ditemukan di otak. Pada kulit manusia, melanosit epidermis terletak di perbatasan dermis dan epidermis. Meskipun jumlah melanosit per unit area kulit tidak berbeda secara signifikan antar individu, melanosit pada orang dengan warna kulit yang berbeda memiliki aktivitas yang beragam, menghasilkan pheomelanin atau eumelanin dalam jumlah lebih atau kurang. Melanin memiliki peranan krusial dalam mengatur keseimbangan epidermis yang berhubungan dengan aktivitas melanosit. Melanin menyerap radiasi UV dan mengubahnya menjadi energi panas, sehingga memberikan perlindungan terhadap radiasi UV di kulit (Boo, 2020).

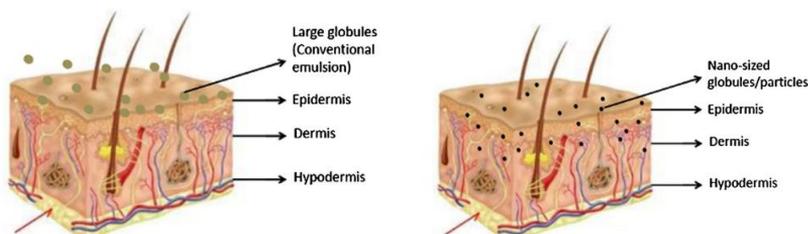
1.2.4 Tabir Surya

Tabir surya, yang juga dikenal sebagai *filter ultraviolet*, merupakan komponen-komponen yang terdapat dalam formula dan secara langsung berinteraksi dengan radiasi matahari melalui proses absorpsi, refleksi, atau dispersi energi. Tabir surya diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan cara kerjanya, yaitu tabir surya kimia atau organik, dan tabir surya berbasis mineral atau anorganik. Tabir surya kimia

menyerap sinar UV dan mengubahnya menjadi energi panas yang kemudian dilepaskan dari kulit. Contoh umum tabir surya kimia meliputi oktisalat dan avobenzone. Tabir surya organik memberikan penampilan yang lebih baik saat digunakan dan karenanya lebih diterima secara luas, tetapi memiliki potensi untuk diserap secara sistemik, sehingga sensitivitas dan efek yang tidak diinginkan lebih umum terjadi pada kelompok tabir surya ini. Tabir surya mineral, yang juga dikenal sebagai sunblock, berfungsi dengan cara memantulkan dan menyebarkan cahaya UV untuk melindungi kulit. Contoh umum tabir surya mineral mencakup titanium dioksida dan seng oksida. Filter anorganik memiliki risiko alergi yang minimal dan fotostabilitas tinggi, sehingga lebih cocok untuk mereka yang memiliki kulit sensitif. Namun, sifat reflektif yang dimiliki dapat menyebabkan kilau yang berlebihan dan tampilan putih, sehingga penggunaan eksklusifnya terbatas pada formulasi karena tingkat penerimaan kosmetik yang rendah (Geoffrey et al., 2019).

1.2.5 Nanoemulgel

Formulasi nanoemulgel adalah kombinasi sediaan di mana nanoemulsi diinkorporasikan ke dalam matriks gel untuk meningkatkan manfaat terapeutik dan aplikasinya. Penghantaran obat secara topikal memiliki potensi untuk meningkatkan ketersediaan hayati obat yang bersifat lipofilik dengan mengurangi proses metabolisme obat dan sistem penghantaran yang stabil selama jangka waktu yang lebih lama, asalkan obat dapat menembus dengan efisien melalui penghalang stratum korneum. Tantangan utama dalam pengiriman obat melalui kulit adalah mekanisme penghalang yang sangat efisien dari lapisan stratum korneum kulit (Ojha et al., 2022).



Gambar 4. Ilustrasi permeabilitas emulsi konvensional (A) dan nanoemulsi (B) (Roy et al., 2022)

Nanoemulsi terdiri dari *droplet* berukuran nano yang distabilkan dengan menggunakan surfaktan. Berbeda dengan emulsi biasa, nanoemulsi memiliki kecenderungan pemisahan fase yang lebih sedikit. Karena ukurannya yang lebih kecil, *droplet* nanoemulsi menghadapi gaya gravitasi minimum, sehingga gerak Brownian mungkin cukup untuk memberikan stabilitas yang diperlukan terhadap sedimentasi atau *creaming* (Dasgupta et al., 2019).

Nanoemulsi mengalami masalah dalam hal viskositas yang rendah, yang berhubungan dengan kemampuan penyebaran dan retensi yang kurang baik di kulit. Inkorporasi nanoemulsi ke dalam sistem hidrogel telah menjadi strategi untuk mengatasi kendala ini. Gel dibuat dengan berbasis air atau hidroalkohol dalam

jaringan partikel padat koloid. Jaringan tersebut memungkinkan pelepasan obat yang lebih tinggi dan lebih mudah dibandingkan dengan krim atau salep karena adanya bahan berbasis air yang lebih tinggi. Penggunaan nanoemulgel topikal memiliki potensi untuk meningkatkan ketaatan pasien karena sifatnya yang tidak berminyak, tidak menyebabkan iritasi, dan memiliki sifat pelepasan obat yang lebih baik (Roy et al., 2022).

Bagian nanoemulsi dalam sistem penghantaran ini melindungi komponen aktif dari degradasi enzimatik, hidrolisis, dan sejenisnya, sementara bagian gel memberikan stabilitas termodinamika pada sistem dengan mengurangi tegangan permukaan dan antarmuka, sehingga meningkatkan viskositas dan kemampuan penyebaran keseluruhan. Nanoemulgel memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan nanopartikel lipid, mikroemulsi, atau liposom dalam pengiriman transdermal atau dental, karena dapat membawa beban obat yang tinggi, memiliki difusibilitas dan permeabilitas yang lebih baik, serta menyebabkan iritasi kulit yang rendah (Suhail et al., 2019).

I.3 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini terdiri atas:

- I.3.1 Bagaimana memformulasi sediaan nanoemulgel dengan memanfaatkan kandungan *Fucoxanthin* pada alga cokelat (*Sargassum* sp.) sebagai tabir surya?
- I.3.2 Bagaimana karakter fisik dan efektivitas tabir surya berdasarkan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) secara *in vitro* pada sediaan nanoemulgel FCX dalam alga cokelat (*Sargassum* sp.)?

I.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini terdiri atas:

- I.4.1 Untuk memformulasi sediaan nanoemulgel dengan memanfaatkan kandungan FCX pada alga cokelat (*Sargassum* sp.) sebagai tabir surya
- I.4.2 Untuk mengetahui karakter fisik dan efektivitas tabir surya berdasarkan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) secara *in vitro* pada sediaan nanoemulgel FCX dalam alga cokelat (*Sargassum* sp.)