

## BAB II

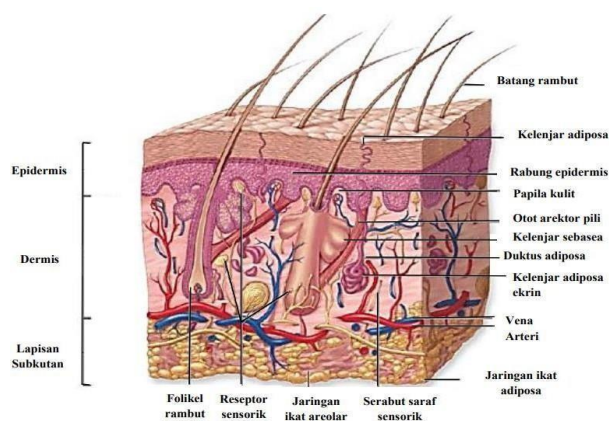
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kulit

Kulit adalah organ terbesar dalam tubuh manusia. Luas permukaannya sekitar 1 hingga 2 m<sup>2</sup> dan beratnya berkisar antara 12-16% dari total berat badan orang dewasa. Kulit berperan penting dalam berbagai fungsi utama saat berinteraksi langsung dengan lingkungan, antara lain, menjaga kelembaban dan mencegah hilangnya molekul penting lainnya dari tubuh, melindungi tubuh dari pengaruh eksternal yang berbahaya, memberikan perlindungan kekebalan dengan melawan mikroba yang bisa membahayakan, memberikan kemampuan sensorik untuk merasakan panas, dingin, sentuhan, tekanan, getaran, dan cedera, menghasilkan hormon, termasuk membantu produksi vitamin D, dan mengatur suhu tubuh agar tetap stabil (Gauglitz & Schaubert, 2013).

##### 2.1.1 Struktur dan fungsi kulit

Kulit terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu epidermis, dermis, dan hipodermis, yang masing-masing memiliki fungsi khusus untuk menjaga tubuh tetap sehat.



Gambar 2.1 Struktur anatomi kulit (Kalangi, 2014)

### a. Epidermis

Epidermis adalah lapisan paling luar yang berfungsi sebagai pelindung tubuh dari ancaman eksternal seperti kuman, polusi, dan sinar UV. Karena tidak memiliki pembuluh darah, epidermis bergantung pada kaca di lapisan dermis untuk memperoleh oksigen dan nutrisi. Selain itu, epidermis juga mengandung lapisan tanduk yang membantu mengatur kelembapan dan melindungi tubuh (Lim, 2021).

### b. Dermis

Dermis terletak di bawah epidermis dan terdiri dari jaringan ikat yang lebih padat. Dermis berfungsi untuk mendukung struktur kulit, serta memiliki pembuluh darah dan saraf yang membantu dalam pengaturan suhu tubuh dan perlindungan terhadap mikroba (Lim, 2021).

### c. Hipodermis

Hipodermis adalah lapisan terdalam kulit, terdiri dari jaringan lemak. Selain berfungsi untuk melindungi tubuh dari benturan, lapisan ini juga berperan dalam pengaturan suhu dan menyimpan cadangan energi (Lim, 2021).



Gambar 2.2 Proses Penyerapan Sinar Matahari Oleh Kulit (Isfardiyan & Safitri, 2014)

Kulit juga berfungsi sebagai penghalang terhadap radiasi UV, dengan melanin yang dihasilkan oleh melanosit di epidermis ikut melindungi sel-sel kulit dari kerusakan akibat sinar matahari. Selain itu, kulit berperan sebagai pertahanan pertama terhadap mikroba dan zat berbahaya, berkat adanya lapisan pelindung yang terdiri dari keratin, asam lemak, dan peptida antimikroba (Lim, 2021).

### **2.1.2 Pigmentasi kulit melalui produksi melanin**

Melanin adalah pigmen alami yang menentukan warna kulit, rambut, dan mata manusia. Pigmen ini dihasilkan oleh sel melanosit melalui proses melanosintesis yang terjadi di epidermis. Melanin terdiri dari dua jenis utama: eumelanin yang berwarna cokelat hingga hitam, dan pheomelanin yang berwarna kuning hingga merah. Peran utama melanin adalah melindungi kulit dari kerusakan akibat radiasi ultraviolet (UV) dengan menyerap dan menyebarkan radiasi tersebut. Selain itu, melanin juga berfungsi untuk melawan radikal bebas yang terbentuk akibat paparan sinar UV. (Slominski *et al.*, 2012).

Produksi melanin dimulai dengan aktivasi enzim tirosinase, yang mengubah asam amino tirosin menjadi dopaquinon. Senyawa ini kemudian mengalami serangkaian reaksi kimia untuk membentuk melanin. Proses tersebut berlangsung di dalam organel khusus bernama melanosom. Melanosom selanjutnya didistribusikan ke keratinosit di lapisan epidermis bagian atas, di mana mereka berfungsi melindungi kulit dari radiasi UV sekaligus menentukan warna kulit seseorang. Perbedaan genetik yang mempengaruhi aktivitas melanosit dan distribusi melanosom menjadi faktor utama yang menyebabkan variasi warna kulit di antara populasi manusia. (Baroni *et al.*, 2012).

Pigmentasi kulit manusia terutama diatur oleh melanin, yaitu pigmen yang dihasilkan oleh sel melanosit di lapisan dasar epidermis. Proses pembentukan melanin ini dikenal sebagai melanogenesis, yang dimulai saat enzim tirosinase mengkatalis konversi L-tirosin menjadi L-DOPA. Selanjutnya L-DOPA dioksidasi menjadi dopakuinon. Jika terdapat sistein atau glutathione, keduanya bereaksi dengan dopakuinon membentuk sisteinildopa dan turunan benzotiazin, yang akhirnya menghasilkan feomelanin. Sementara itu, DOPA yang tidak bereaksi dengan sistein membentuk dopakrom. Dopakrom kemudian mengalami tautomerisasi oleh enzim

TYRP-2 menjadi asam 5,6-dihidroksiindol-2-karboksilat (DHICA). Proses selanjutnya melibatkan oksidasi DHICA oleh enzim TYRP-1 menjadi asam indol-5,6-kuinon-karboksilat. Dopakrom juga dapat melepaskan gugus asam karboksilat menjadi 5,6-dihidroksiindol (DHI). DHI dikatalisis oleh tirosinase membentuk indol-5,6-kuinon. Akhirnya asam indol-5,6-kuinon-karboksilat dan indol-5,6-kuinon berinteraksi membentuk eumelanin (Rauf *et al.*, 2020). Agen pemutih kulit bekerja dengan menghambat aktivitas tirosinase, sehingga proses konversi tirosin menjadi L-DOPA dan dopakuin terhenti. Akibatnya, pembentukan melanin tidak terjadi, yang menyebabkan kulit tampak lebih cerah (Soyata & Chaerunisaa, 2021).

## 2.2 Makroalga *Eucheuma cottonii*

Makroalga adalah organisme fotosintetik berukuran besar yang hidup di perairan seperti laut, sungai, dan danau. Karena ukurannya yang dapat dilihat dengan mata telanjang, makroalga juga dikenal sebagai "rumput laut." Makroalga dapat tumbuh di berbagai kedalaman air, tergantung pada kebutuhan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Mereka berperan penting dalam ekosistem laut sebagai produsen utama, menyediakan makanan, tempat tinggal, dan perlindungan bagi organisme lain di lautan. Dalam industri, makroalga juga bernilai tinggi karena mengandung berbagai zat bioaktif seperti polisakarida, vitamin, mineral, dan senyawa fenolik yang berguna dalam produk pangan, kosmetik, obat-obatan, dan suplemen Kesehatan (Farobie *et al.*, 2022).

Makroalga dapat dibagi menjadi tiga kategori utama berdasarkan warna yaitu alga hijau (Chlorophyta), alga coklat (Phaeophyta), dan alga merah (Rhodophyta). Salah satu komoditas makroalga terbesar yang banyak diproduksi di Indonesia adalah alga merah (Rhodophyta) atau bisa disebut *Eucheuma cottonii*, yang dikenal memiliki berbagai manfaat bagi masyarakat (Hamrun *et al.*, 2022). Makroalga merah memiliki 452 spesies, jumlah ini lebih banyak dibandingkan dengan makroalga hijau 201 spesies dan makroalga coklat 138 spesies. Makroalga *Eucheuma cottonii* merupakan sumber bahan alami yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti flavonoid, polifenol, dan tanin yang memiliki aktifitas antioksidan tinggi. Kandungan senyawa bioaktif tersebut berperan penting dalam memberikan

perlindungan pada kulit dari radikal bebas yang dihasilkan oleh paparan sinar ultraviolet (UV). Aktivitas antioksidan yang tinggi ini menjadikan *Eucheuma cottonii* berpotensi sebagai bahan aktif dalam formulasi tabir surya alami (Indrisari *et al.*, 2021).

*Eucheuma cottonii* adalah alga merah yang dikenal memiliki banyak manfaat di berbagai sektor, seperti kesehatan, industri, dan lingkungan. Dalam bidang kesehatan, alga ini mengandung senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan dan anti-inflamasi. Proses fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* terbukti dapat meningkatkan aktivitas bioaktifnya, sehingga bermanfaat sebagai makanan fungsional dan terapi tambahan untuk kanker (L. N. Aminin *et al.*, 2024). Selain itu, *Eucheuma cottonii* juga dimanfaatkan dalam bidang akuakultur sebagai imunostimulan, yang mampu memperkuat sistem kekebalan hewan terhadap infeksi bakteri dan virus (Muahiddah & Asri, 2024). Studi lain menunjukkan bahwa ekstrak alga ini juga efektif dalam mengurangi peradangan pada model hewan penderita asma (Abu Bakar *et al.*, 2015).

Dalam bidang industri, *Eucheuma cottonii* memiliki peran penting sebagai bahan baku untuk produk ramah lingkungan. Kandungan lignoselulosa dalam alga ini menjadikannya bahan ideal untuk pembuatan Medium Density Fiberboard (MDF), yang memiliki nilai tambah ekonomi tinggi (Arrosyad & Alamsjah, 2020). Selain itu, limbah biomassa *Eucheuma cottonii* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi biogas, menawarkan solusi berkelanjutan untuk kebutuhan energi bersih (Kawaroe *et al.*, 2017).

*Eucheuma cottonii* juga menunjukkan aktivitas antimikroba yang kuat. Kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid dan saponin membuatnya efektif melawan berbagai bakteri patogen, termasuk *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Andriani *et al.*, 2016b). Penggunaan alga ini sebagai antibakteri potensial membuka peluang untuk aplikasi di bidang kesehatan dan farmasi, terutama dalam mengatasi resistensi antibiotik. Selain itu, *Eucheuma cottonii* juga dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena kandungan hormon pemacu tumbuh seperti giberelin, sitokinin, dan auksin, yang membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan (Sedayu *et al.*, 2013).

### 2.2.1 Klasifikasi *Eucheuma Cottonii*



(Gambar 2.3 Makroalga *Eucheuma cottonii* Sumber : Prasetyo *et al.*, 2023)

Klasifikasi *Eucheuma cottonii* :

Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Familia	: Solieriscaeae
Filum	: <i>Eucheuma</i>
Genus	: <i>E. Cottonii</i>

### 2.2.2 Morfologi *Eucheuma cottonii*

*Eucheuma cottonii* adalah alga merah multiseluler dari famili Rhodophyceae, yang dikenal sebagai sumber utama kappa karagenan. Secara morfologi, *Eucheuma cottonii* memiliki struktur yang terdiri dari talus berbentuk silindris atau memanjang, dengan cabang- cabang yang tersusun secara teratur. Talusnya ditutupi oleh lendir untuk melindungi dari lingkungan eksternal. Selain itu, jaringan medula dan korteksnya mengandung polisakarida seperti karagenan, yang memberikan sifat elastis dan gel-forming pada alga ini (Dumilag &

Zuccarello, 2022).

Selain itu, komponen fisik dan kimiawi *Eucheuma cottonii* telah dianalisis untuk menunjukkan potensi biologis dan ekologisnya. Analisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan struktur permukaan yang kompleks, yang berperan dalam penyerapan air dan distribusi nutrisi. Kandungan lignoselulosa yang tinggi pada alga ini juga menjadikannya kandidat potensial untuk bahan baku industri bioenergi dan material komposit ramah lingkungan.

Dari segi pertumbuhan, *Eucheuma cottonii* menunjukkan adaptasi morfologi yang baik di berbagai kondisi lingkungan. Faktor-faktor seperti suhu, salinitas, dan ketersediaan nutrisi memainkan peran penting dalam menentukan ukuran dan densitas talusnya. Penelitian menunjukkan bahwa alga ini mampu bertahan di wilayah pesisir dengan salinitas sedang hingga tinggi, dan pertumbuhannya optimal pada kedalaman tertentu yang memungkinkan penetrasi cahaya maksimal (Lestari *et al.*, 2019).

*Eucheuma cottonii* tumbuh baik di perairan dangkal dengan kedalaman sekitar 30 cm, membutuhkan cahaya yang cukup, dan air yang bersih. Karena struktur tubuhnya yang fleksibel, alga ini dapat beradaptasi dengan mudah di lingkungan laut yang berubah-ubah, dan proses osmosis pada thallus membantu penyerapan nutrisi dari air laut (Cokrowati *et al.*, 2017). Selain itu, alga ini kaya akan karaginan, sebuah polisakarida yang berfungsi sebagai cadangan energi dan melindungi alga dari kekeringan. *Eucheuma cottonii* juga mengandung bioaktif lainnya, seperti taurine dan asam amino, yang penting untuk aplikasi industri dan farmasi (Azzizah *et al.*, 2021).

*Eucheuma cottonii* juga memiliki variasi genetik yang menarik, yang tercermin pada perbedaan morfologinya di berbagai lokasi geografis. Beberapa studi filogenetik mengidentifikasi perbedaan varietas berdasarkan karakteristik medula dan distribusi geografis, menunjukkan adanya spesialisasi adaptif terhadap habitat lokal (Dumilag & Zuccarello, 2022). Penelitian lebih lanjut mengenai diversitas morfologi dan genetiknya dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan alga ini dalam industri dan konservasi lingkungan.

### 2.3 Enzim Tirosinase

Tirosinase adalah enzim kunci dalam proses biosintesis melanin dan menjadi target utama dalam mengatasi hiperpigmentasi kulit. Tirosinase juga enzim utama yang berfungsi mengubah tirosin menjadi DOPA, lalu mengubah DOPA menjadi dopaquinone. Reaksi ini merupakan langkah awal dan sangat penting dalam pembentukan melanin, yang berperan melindungi kulit dari radiasi UV (Boo, 2019).

Berbagai senyawa anti tirosinase telah dikembangkan untuk kebutuhan kosmetik dan medis, baik yang bersumber dari alam, sintetis, maupun semi-sintetis (Obaid *et al.*, 2021). Berbagai senyawa sintetis dan versi modifikasi dari senyawa alami terus dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan. Asam kojat dan turunannya, misalnya, banyak digunakan dalam kosmetik untuk mencerahkan kulit. Penelitian menunjukkan bahwa dengan memodifikasi struktur senyawa alami, dapat dihasilkan inhibitor tirosinase yang lebih efektif dan memiliki efek samping yang lebih rendah. Senyawa-senyawa ini, yang dirancang agar lebih kuat dan aman, umumnya terinspirasi dari struktur alami dan cocok untuk penggunaan jangka panjang karena minim risiko efek samping (Hassan *et al.*, 2023).

Anti tirosinase bekerja dengan menghambat aktivitas enzim tirosinase melalui berbagai mekanisme. Beberapa senyawa menonaktifkan pusat tembaga pada enzim, sementara yang lain berinteraksi langsung dengan bagian enzim untuk mencegah pengikatan tirosin sebagai substrat. Salah satu contoh senyawa alami yang efektif adalah asam p-coumaric, yang bertindak sebagai inhibitor kompetitif tirosinase. Senyawa ini menghambat pembentukan melanin tanpa efek samping yang berarti, sehingga dianggap aman dan cocok untuk digunakan dalam produk kosmetik pemutih kulit (Boo, 2019). Pengaturan aktivitas tirosinase penting dalam mengontrol jumlah melanin yang dihasilkan. Dalam industri kosmetik, inhibitor tirosinase seperti senyawa fenolik dan flavonoid sering digunakan untuk mencerahkan kulit atau mengurangi hiperpigmentasi. Senyawa-senyawa ini bekerja dengan menurunkan aktivitas tirosinase sehingga produksi melanin menjadi lebih sedikit (Dolorosa *et al.*, 2019).



Banyak senyawa alami, seperti arbutin, asam ferulat, dan berbagai ekstrak tumbuhan, terbukti efektif dalam menghambat enzim tirosinase. Santalin, senyawa dari *Pterocarpus santalinus*, adalah contoh lain yang bekerja dengan menghambat tirosinase melalui mekanisme reversibel dan membentuk ikatan hidrogen dengan enzim. Senyawa-senyawa alami ini umumnya dianggap lebih aman dibandingkan dengan inhibitor sintesis karena memiliki risiko efek samping yang lebih rendah. Santalin, misalnya, menunjukkan kemampuan penghambatan tirosinase yang kuat tanpa menyebabkan toksisitas pada sel kulit (Hridya *et al.*, 2016).

## **2.4 Tabir Surya**

Tabir surya adalah produk perawatan kulit yang dirancang untuk melindungi kulit dari paparan sinar ultraviolet (UV) matahari. Paparan sinar UV dapat menyebabkan berbagai masalah kulit, termasuk penuaan dini, kerusakan DNA, dan peningkatan risiko kanker kulit. Tabir surya bekerja dengan cara menyerap atau memantulkan sinar UV, sehingga mengurangi dampak buruk yang dapat ditimbulkan oleh paparan sinar matahari tersebut (Rachmawati *et al.*, 2021).

### **2.4.1 Mekanisme kerja tabir surya**

Tabir surya bekerja dengan dua cara utama:

1. Mekanisme Fisik (Sunblock): Bahan aktif seperti seng oksida atau titanium dioksida memantulkan sinar UV dari kulit (Rachmawati *et al.*, 2021).
2. Mekanisme Kimiawi (Sunscreen) : Bahan aktif menyerap sinar UV dan mengubahnya menjadi energi panas yang tidak berbahaya (Rachmawati *et al.*, 2021).

### **2.4.2 Kebutuhan tabir surya alami**

Kini semakin banyak orang yang mencari tabir surya alami karena lebih aman dan ramah lingkungan. Tabir surya alami biasanya terbuat dari bahan-bahan yang memiliki manfaat antioksidan atau memiliki perlindungan SPF alami. Beberapa bahan alami yang dikenal baik untuk melindungi kulit dari UV adalah minyak biji wortel, minyak biji raspberry, dan ekstrak teh hijau (Osterwalder & Herzog, 2009).

Keunggulan utama tabir surya alami adalah lebih aman untuk kulit, terutama bagi mereka yang memiliki kulit sensitif. Produk alami juga lebih ramah lingkungan dan tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya bagi terumbu karang atau ekosistem laut. Meskipun tabir surya alami mungkin memiliki perlindungan yang lebih rendah dibandingkan dengan tabir surya kimiawi, penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan produk alami yang lebih efektif dan aman (Osterwalder & Herzog, 2009).

## **2.5 SPF (Sun Protection Factor)**

Kemampuan sediaan tabir surya dalam melindungi kulit dari sinar ultraviolet diukur melalui nilai Sun Protection Factor (SPF). SPF merupakan rasio antara jumlah energi sinar UVB yang diperlukan untuk menyebabkan eritema minimal pada kulit yang dilindungi oleh tabir surya dibandingkan dengan kulit yang tidak menggunakan tabir surya. Nilai SPF dapat diukur secara *in vitro* menggunakan metode spektrofotometri UV- Vis (Nopiyanti & Aisiyah, 2020).

Efektivitas suatu produk tabir surya dalam menyerap radiasi sinar ultraviolet dapat dievaluasi melalui pengukuran nilai Sun Protection Factor (SPF). SPF hanya mengukur kemampuan perlindungan terhadap radiasi UVB. Kebutuhan nilai SPF bagi setiap individu dapat dipengaruhi oleh pemahaman mengenai faktor-faktor klimatologi yang berhubungan dengan radiasi UV, Kebiasaan melakukan aktivitas di luar ruangan dan tingkat sensitivitas individu terhadap sinar matahari mempengaruhi kebutuhan perlindungan terhadap radiasi UV. Selain itu, perbedaan geografis juga berdampak pada tingkat paparan radiasi UV yang bervariasi berdasarkan lokasi. Wilayah tropis, misalnya, memiliki tingkat paparan radiasi UV yang paling tinggi, sedangkan daerah di bagian paling utara dan selatan bumi cenderung memiliki paparan radiasi UV yang lebih rendah.

Sinar ultraviolet (UV) adalah jenis sinar cahaya yang dipancarkan oleh matahari dan dapat mencapai permukaan bumi. Sinar UV memiliki rentang panjang gelombang antara 200- 400 nm dan dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan panjang gelombangnya: UV-C (200- 290 nm), UV-B (290-320 nm), dan UV-A (320-400 nm) . UV-A terbagi lagi menjadi dua subkelompok: UV-A2 (320-340 nm) dan UV-A1 (340- 400 nm). Tidak semua sinar UV matahari dapat mencapai

permukaan bumi. Sinar UV-C yang memiliki energi tertinggi, diserap oleh lapisan ozon dan tidak dapat mencapai permukaan bumi. Energi sinar ultraviolet yang sampai ke bumi dapat menyebabkan gejala kulit terbakar, seperti kulit kemerahan (eritema), rasa sakit, lecet, dan pengelupasan kulit. Di antara jenis sinar UV, UV-B dengan panjang gelombang 290-320 nm lebih efektif menyebabkan kerusakan kulit dibandingkan UV-A yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, yaitu 320-400 nm (Adi & Zulkarnain, 2015).

Dalam sediaan kosmetik, termasuk tabir surya, keamanan merupakan faktor yang harus dipenuhi. Keamanan ini dijaga dari mulai pemilihan bahan baku. Bahan baku yang diizinkan terdapat dalam tabir surya yang tertera pada peraturan BPOM Nomor 23 Tahun 2019 (Rachmawati *et al.*, 2021).

Selain itu, produksi tabir surya juga hanya dapat dilakukan oleh industri kosmetik golongan A, di mana industri tersebut memiliki apoteker sebagai penanggung jawab, fasilitas produksi dan laboratorium yang sesuai, dan sudah menerapkan CPKB (Cara Pembuatan Kosmetik yang Baik). Salah satu pengujian yang dilakukan untuk memastikan keamanan sediaan pada tahap akhir produksi adalah uji penetrasi (Shintyawati *et al.*, 2024).

Penilaian nilai SPF suatu tabir surya dapat dilakukan di laboratorium dengan dua metode utama. Metode pertama mengukur jumlah radiasi UV yang diserap atau diteruskan melalui lapisan produk tabir surya yang diterapkan pada plat kuarsa atau biomembran. Metode kedua menganalisis karakteristik penyerapan produk tabir surya dengan mengukur spektrum cahaya yang diserap setelah pengenceran sediaan tabir surya yang diuji. Dalam menentukan nilai SPF dapat menggunakan persamaan Mansur sebagai berikut :

$$SPF = CF \times \sum \frac{EE_{360-290}(\lambda)}{I(\lambda)} \times Abs(\lambda)$$

Keterangan :

- CF : Faktor koreksi
- Abs : Absorbansi sampel
- EE : Spektrum efek eritema
- I : Spektrum intensitas Cahaya

## **2.6 Metode Pengujian**

### **a. Metode Spektrofotometri Uv-Vis**

Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis yang mempelajari interaksi antara material, khususnya molekul, dengan radiasi elektromagnetik dalam jarak ultraviolet (UV) dan sinar tampak (visibel). Interaksi ini menyebabkan eksitasi elektron dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, tergantung pada panjang gelombang radiasi yang diserap. Radiasi UV memiliki panjang gelombang antara 200–400 nm, sedangkan sinar tampak memiliki panjang gelombang antara 400– 800 nm. Spektrofotometer UV-Vis menggunakan dua sumber cahaya yang berbeda: sumber cahaya UV dan sumber cahaya tampak. Instrumen ini bekerja dengan prinsip berkas ganda, di mana sampel dan blanko disinari secara bersamaan, memungkinkan pengukuran serapan yang lebih akurat (Wahyuni *et al.*, 2022).

Spektrum yang dihasilkan oleh spektrofotometer UV-Vis biasanya berupa pita lebar dengan beberapa puncak, disebabkan oleh transisi elektronik yang memiliki perbedaan energi tidak terlalu besar, sehingga menghasilkan pita serapan yang lebar (Wahyuni *et al.*, 2022) .

### **b. Metode pengujian enzim tirosinase**

Enzim tirosinase adalah enzim yang bertanggung jawab untuk reaksi oksidasi pada biosintesis melanin. Inhibitor tirosinase digunakan untuk menghambat aktivitas enzim ini, sehingga relevan dalam aplikasi kosmetik, seperti krim pemutih kulit dan tabir surya. Pada pengujian *in vitro*, substrat seperti L-tirosin atau L-DOPA biasanya digunakan. Penurunan aktivitas enzim diukur melalui perubahan absorbansi dengan Spektrofotometri UV-Vis, dimana tingkat hambatan oleh ekstrak diuji pada berbagai konsentrasi. Ekstrak *Eucheuma cottonii* yang kaya antioksidan dapat menjadi kandidat potensial untuk menghambat aktivitas tirosinase (Dolorosa *et al.*, 2019).

### **c. Metode pengujian Sun Protection Factor (SPF)**

Efektivitas sebuah produk tabir surya dapat diukur melalui nilai SPF, yang

menggambarkan jumlah energi UV yang diperlukan untuk menghasilkan dosis eritema minimal (MED) pada kulit yang dilindungi oleh tabir surya. Semakin tinggi angka SPF, semakin besar tingkat perlindungan yang diberikan oleh produk tersebut. Selain itu, nilai SPF juga menunjukkan durasi perlindungan tabir surya terhadap radiasi sinar matahari, yaitu seberapa lama kulit dapat terpapar sinar matahari tanpa mengalami kerusakan atau terbakar (Anggreini *et al.*, 2024).

Penentuan nilai SPF dapat dilakukan dengan metode *in vitro*, yang umumnya terbagi menjadi dua tipe, yaitu :

- a. Dengan mengukur serapan atau transmisi radiasi UV melalui produk tabir surya pada plat kuarsa atau biomembran
- b. Dengan menentukan karakteristik serapan menggunakan analisis secara spektrofotometri larutan hasil pengenceran.

Salah satu metode yang cepat dan sederhana untuk mengukur nilai SPF secara *in vitro* adalah dengan menggunakan spektrofotometri. Spektrum serapan diukur dalam rentang panjang gelombang UVB, yaitu 290 – 320 nm dengan interval 5 nm, menggunakan etanol sebagai blanko. Data penyerapan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan SPF, menggunakan konstanta yang telah ditentukan. Rumus untuk menghitung nilai SPF adalah sebagai berikut :

$$SPF = CF \times \sum \frac{EE_{360-290}(\lambda)}{I(\lambda) \times Abs(\lambda)}$$

Keterangan :

CF : Correction factor (Faktor koreksi) = 10

EE : Erythema effect spectrum (nilai konstanta)

I : Solar intensity spectrum (Intensitas spektrum sinar)

Abs : Absorbansi

Nilai EE x I adalah suatu ketetapan atau konstanta, yang ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 2.1 Konstanta Normalisasi EE ( $\lambda$ ) x I ( $\lambda$ )

A	EE x I
290	0,015
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0837
320	0,018
Jumlah	1

Cara perhitungan SPF sebagai berikut ini : (Yulianti et all, 2015).

1. Nilai serapan yang diperoleh dikalikan dengan nilai EE x I untuk masing masing panjang gelombang
2. Hasil perkalian serapa dan EE x I dijumlahkan
3. Hasil penjumlahan kemudian dikalikan dengan faktor koreksi yang nilainya 10 untuk mendapatkan nilai SPF