

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Determinasi daun kupu-kupu

Identifikasi tanaman dalam penelitian ini di Laboratorium Pembelajaran Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Terapan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Hasil identifikasi mengkonfirmasi bahwa sampel yang digunakan merupakan daun kupu-kupu (*Bauhinia purpurea* L.)

2. Persiapan simplisia

Daun kupu-kupu dipanen pada pagi hari pada pukul 07.00-09.00 WIB dengan memprioritaskan daun yang masih muda dan segar hingga di peroleh sebanyak 6,9 kg. Setelah pemanenan, daun dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven pada suhu 40°C selama tiga hari. Daun kupu-kupu yang telah kering kemudian dihaluskan dengan grinder untuk mendapatkan simplisia. Selanjutnya, simplisia diayak menggunakan ayakan 40 *mesh* untuk menghasilkan serbuk halus yang berseragam. Dari proses ini, diperoleh serbuk simplisia sebanyak 500 gram.

3. Pembuatan ekstrak

Proses pembuatan ekstrak dilakukan menggunakan metode maserasi dengan etanol 70% sebagai pelarut. Rasio simplisia dan pelarut yang digunakan adalah 1:10. Maserasi berlangsung selama tiga hari, diikuti dengan remaserasi selama dua hari dengan pengadukan berkala. Setelah itu dilakukan proses penyaringan agar filtrat yang dihasilkan bersih dari ampas, kemudian filtrat tersebut selanjutnya diuapkan menggunakan penangas air hingga diperoleh ekstrak kental dengan suhu terkontrol 50°C. Hasil rendemen ekstrak etanol daun kupu-kupu dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Rendemen Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Berat Simplisia (gram)	Berat Ekstrak (gram)	Rendemen (%)
500 gram	88,4 gram	17,68%

Berdasarkan hasil rendemen diatas, diperoleh nilai rendemen ekstrak etanol daun kupu-kupu 17,68% memenuhi syarat nilai yang baik yaitu >10%.

4. Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan guna mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder pada ekstrak daun kupu-kupu. **Tabel 9** menampilkan hasil pemeriksaan tersebut

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Skrining Fitokimia

Golongan Senyawa	Reagen	Teoritis	Hasil
Alkaloid	Dragendorff	Endapan merah	+
	Mayer	Endapan kuning	+
	Wagner	Endapan coklat	+
Flavonoid	Serbuk Mg + HCl pekat	Kuning	++
Fenolik	Aquades + FeCl ₃	Hijau kehitaman	++
Saponin	Aquades	Berbusa stabil	++

Keterangan:

(++) : terdapat intensitas senyawa dengan warna yang kuat

(+) : terdapat intensitas senyawa dengan warna yang sedang

5. Penentuan nilai SPF

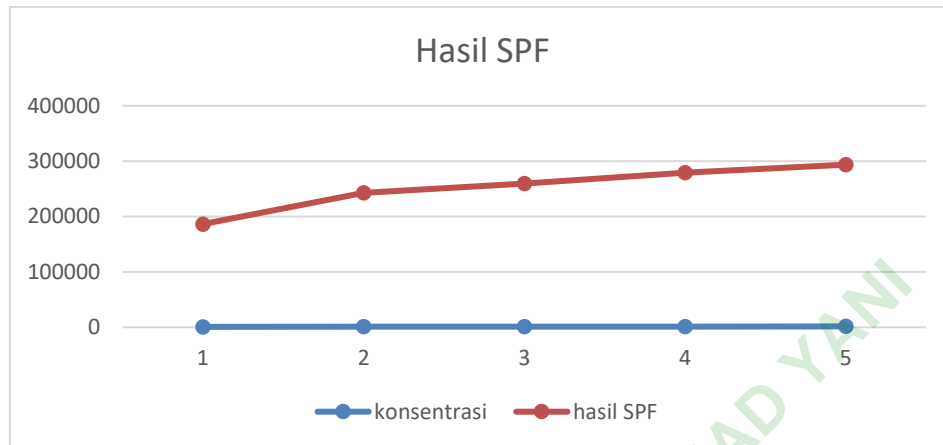
Nilai SPF dari sampel daun kupu-kupu ditentukan melalui metode in vitro menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi yang didapat dari pengukuran dihitung menggunakan rumus Mansur. Hasil penentuan nilai SPF daun kupu-kupu dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil Penentuan Nilai SPF Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Konsentrasi (ppm)	Hasil SPF ± SD	Kategori
800	18,5595 ± 0,4503	Sedang
1000	24,2056 ± 0,0074	Sedang
1200	25,8278 ± 0,0167	Sedang
1400	27,7788 ± 0,2038	Sedang
1600	29,2115 ± 0,1070	Sedang

Berdasarkan hasil pada **Tabel 10**, nilai SPF ekstrak etanol daun kupu-kupu meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi. Konsentrasi 800 ppm memberikan nilai SPF terendah, sedangkan konsentrasi 1600 ppm menghasilkan nilai SPF tertinggi, menunjukkan kemampuan proteksi terhadap

radiasi UV yang semakin kuat pada konsentrasi yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik Hasil SPF

6. Penentuan nilai %Te dan %Tp

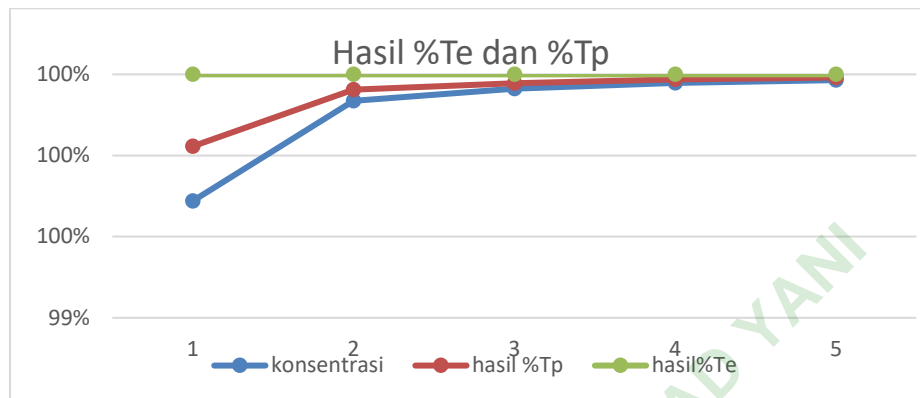
Penentuan nilai %Te dan %Tp dari ekstrak daun kupu-kupu dilakukan secara *in vitro* menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran %Tp dilakukan pada rentang panjang gelombang 322,5-372,5 nm sedangkan %Te diukur pada rentang 292,5-317,5 nm, masing-masing dengan interval setiap 5 nm. Data hasil pengukuran nilai %Te dan %Tp dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Penentuan Nilai %Te Dan %Tp Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Konsentrasi (ppm)	Hasil %Tp \pm SD	Hasil %Te \pm SD	Kategori
800	1,0819 \pm 0,0141	1,4231 \pm 0,0089	<i>Sunblock</i>
1000	0,2721 \pm 0,0026	0,3807 \pm 0,0086	<i>Sunblock</i>
1200	0,1651 \pm 0,0034	0,2599 \pm 0,0061	<i>Sunblock</i>
1400	0,1141 \pm 0,0025	0,1758 \pm 0,0072	<i>Sunblock</i>
1600	0,1025 \pm 0,0003	0,1247 \pm 0,0039	<i>Sunblock</i>

Berdasarkan hasil pada Tabel 11, nilai %Te dan %Tp ekstrak etanol daun kupu-kupu menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Konsentrasi 800 ppm memiliki nilai %Te dan %Tp tertinggi, sedangkan konsentrasi 1600 ppm menunjukkan nilai terendah. Penurunan nilai ini menunjukkan bahwa di mana semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin kecil persentase transmisi eritema dan pigmentasi yang

diteruskan, sehingga kemampuan perlindungan terhadap radiasi UV semakin meningkat.



Gambar 5. Grafik Hasil %Te dan %Tp

7. Analisis data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS untuk mengetahui adanya perbedaan nilai SPF, %Te dan %Tp berdasarkan variasi konsentrasi. Analisis dimulai dengan uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*, karena jumlah sampel kurang dari 50. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh data berdistribusi normal dengan nilai (p -value $> 0,05$). Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas menggunakan *Levene's Test* untuk mengevaluasi kesamaan varians antar kelompok data. Hasil menunjukkan bahwa data memiliki varians yang homogen (p -value $> 0,05$), sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Berdasarkan hasil tersebut, analisis dilanjutkan dengan uji One Way ANOVA dengan taraf kepercayaan 95%. Hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap nilai rata-rata SPF, %Tp dan %Te antar kelompok konsentrasi (p -value $< 0,05$). Oleh karena itu, dilakukan uji lanjutan menggunakan uji Post Hoc LSD untuk mengetahui kelompok mana yang menunjukkan perbedaan signifikan satu sama lain. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara beberapa kelompok konsentrasi ekstrak terhadap parameter SPF, %Te dan %Tp.

Hasil analisis data terhadap parameter SPF, %Te dan %TP dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 12. Hasil Uji Statistik Nilai SPF Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Konsentrasi	Nilai SPf		
	Normalitas	Homogenitas	One Way ANOVA
800 ppm	0,987	0,78	<0,001
1000 ppm	0,784		
1200 ppm	0,628		
1400 ppm	0,899		
1600 ppm	0,805		

Berdasarkan **Tabel 12** diatas, diperoleh hasil bahwa nilai SPF pada ekstrak etanol daun kupu-kupu dengan perbedaan variasi konsentrasi menunjukkan hasil analisis data yang terdistribusi normal, karena nilai *Sig.* >0,05 begitu pula dengan uji homogenitas yang menunjukkan data homogen. Hasil dari uji dari *One Way ANOVA* yaitu data dengan nilai *Sig.* <0,001.

Tabel 13. Hasil Uji Statistik Nilai %Te Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Konsentrasi	Nilai %Te		
	Normalitas	Homogenitas	One Way ANOVA
800 ppm	0,621	0,718	<0,001
1000 ppm	0,903		
1200 ppm	0,684		
1400 ppm	0,398		
1600 ppm	0,470		

Tabel 14. Hasil Uji Statistik Nilai %Tp Ekstrak Etanol Daun Kupu-Kupu

Konsentrasi	Nilai %Tp		
	Normalitas	Homogenitas	One Way ANOVA
800 ppm	0,906	0,060	<0,001
1000 ppm	0,433		
1200 ppm	0,339		
1400 ppm	0,463		
1600 ppm	0,363		

Berdasarkan **Tabel 13** dan **Tabel 14** tersebut menunjukkan sampel ekstrak daun kupu-kupu dengan perbedaan variasi konsentrasi pada hasil %Te dan %Tp menunjukkan hasil data normal dan homogen karena nilai *Sig.* >0,05 sehingga dapat dilanjut ke uji *One Way ANOVA* dan diperoleh hasil *Sig.* <0,001, yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara perbedaan variasi konsentrasi.

Tabel 15. Hasil Uji Post Hoc LSD

Konsentrasi (ppm)		SPF	%Te	%Tp
800	1000	<0,001	<0,001	<0,001
	1200	<0,001	<0,001	<0,001
	1400	<0,001	<0,001	<0,001
	1600	<0,001	<0,001	<0,001
1000	800	<0,001	<0,001	<0,001
	1200	<0,001	<0,001	<0,001
	1400	<0,001	<0,001	<0,001
	1600	<0,001	<0,001	<0,001
1200	800	<0,001	<0,001	<0,001
	1000	<0,001	<0,001	<0,001
	1400	<0,001	<0,001	<0,001
	1600	<0,001	<0,001	<0,001
1400	800	<0,001	<0,001	<0,001
	1000	<0,001	<0,001	<0,001
	1200	<0,001	<0,001	<0,001
	1600	<0,001	<0,001	0,060
1600	800	<0,001	<0,001	<0,001
	1000	<0,001	<0,001	<0,001
	1200	<0,001	<0,001	<0,001
	1400	<0,001	<0,001	0,060

Berdasarkan **Tabel 15**, seluruh variasi konsentrasi ekstrak etanol daun kupu-kupu menunjukkan perbedaan yang signifikan (p -value $<0,05$), kecuali antara 1400 ppm dan 1600 ppm yang tidak berbeda signifikan pada nilai %Tp.

B. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak etanol daun kupu-kupu terhadap parameter penangkal radiasi UV dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Parameter yang digunakan meliputi SPF, %Te dan % Tp yang menunjukkan efektivitas perlindungan terhadap sinar UV B maupun UV A pada kulit (Kasitowati et al., 2021).

Sampel dalam penelitian ini berupa daun kupu-kupu yang diperoleh dari wilayah Desa Kepek, Kecamatan Saptosari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebelum tanaman digunakan dalam penelitian, dilakukan proses determinasi terlebih dahulu. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai identitas tanaman, sehingga dapat mencegah terjadinya kesalahan dalam pengambilan sampel (Ismaurasi et al., 2024). Proses penentuan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Pembelajaran Biologi, Fakultas

Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, dengan nomor surat keterangan 308/Lab.Bio/B/V/2025. Berdasarkan hasil identifikasi taksonomi, tanaman yang digunakan teridentifikasi sebagai daun kupu-kupu (*Bauhinia purpurea* L.). Setelah tanaman terverifikasi sebagai daun kupu-kupu, tahap selanjutnya proses adalah pemanenan dilakukan pada rentang waktu pukul 07.00-09.00 WIB, dengan tujuan untuk memperoleh kandungan senyawa yang optimal. Pemilihan waktu tersebut mengacu pada literatur Nurhasanah et al (2024) yang merekomendasikan pemanenan dilakukan pada waktu yang tepat untuk meminimalkan degradasi senyawa aktif, misalnya sebelum intensitas cahaya dan suhu meningkat akibat proses fotosintesis. Daun yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian dipilih berdasarkan kriteria tertentu, yakni daun yang segar, tidak mengalami kerusakan, serta masih tergolong daun muda yang diambil dari urutan kedua hingga keempat dari pucuk tanaman. Pemilihan posisi dan kondisi daun ini dilakukan karena pada fase tersebut daun umumnya mengandung kadar senyawa aktif yang lebih tinggi (Diputra et al., 2023).

Setelah pemanenan, dilakukan proses sortasi basah dan pencucian untuk membersihkan daun dari kotoran yang menempel di permukaannya. Tahap berikutnya adalah perajangan daun, yang bertujuan untuk mempercepat laju pengeringan (Rakhmawatie et al., 2023). Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air pada sampel, dengan mempertimbangkan bahwa senyawa flavonoid dan fenolik yang terkandung dalam daun kupu-kupu bersifat sensitive terhadap paparan suhu tinggi. Oleh karena itu, pengeringan dilakukan pada suhu 40°C menggunakan oven untuk menurunkan kadar air dalam sampel. Suhu ini dipilih agar senyawa aktif di dalam daun tetap stabil dan tidak rusak. Selan itu, pengeringan ini juga membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti khamir dan kapang (Surendro et al., 2024). Sampel selanjutnya dihaluskan menggunakan *grinder* hingga mencapai konsistensi serbuk, diikuti dengan pengayakan menggunakan ayakan 40 *mesh* guna memperluas permukaan partikel sehingga interaksi antara simplisia dan pelarut menjadi lebih optimal. Penggunaan ayakan 40 *mesh* menghasilkan partikel berukuran seragam dan relatif halus. Hal ini memungkinkan pelarut menembus jaringan simplisia dengan mudah dan

mengekstraksi kandungan senyawa aktif dalam jumlah yang tinggi (Zuhro et al., 2021).

Proses selanjutnya adalah ekstraksi dengan metode maserasi. Metode ini dipilih karena prosedur yang sederhana tanpa melibatkan pemanasan, sehingga sesuai untuk senyawa yang sensitif terhadap suhu tinggi seperti flavonoid dan fenolik. Hal ini bertujuan agar kandungan senyawa aktif tersebut tetap terjaga selama proses ekstraksi berlangsung. Flavonoid dan fenolik merupakan senyawa bioaktif yang diketahui memiliki kemampuan dalam menyerap sinar ultraviolet serta bertindak sebagai antioksidan, yang keduanya berkontribusi terhadap peningkatan nilai SPF suatu bahan (Kumar et al., 2021). Prinsip kerja metode ini berdasarkan pada kesesuaian sifat antara senyawa aktif dan pelarut, di mana senyawa akan lebih mudah larut dalam pelarut yang memiliki sifat serupa (*like dissolves like*). Selama proses perendaman, pelarut akan masuk ke dalam sel tanaman melalui dinding sel dan melarutkan senyawa aktif yang terkandung di dalamnya (Handoyo, 2020). Etanol 70% dipilih sebagai pelarut karena memiliki polaritas yang sesuai untuk melarutkan senyawa fenolik dan flavonoid. Senyawa-senyawa tersebut umumnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada struktur cincin aromatik, sehingga mudah larut dalam etanol 70% (Nurhasanah et al., 2024). Sebanyak 500 gram serbuk simplisia daun kupu-kupu digunakan dalam penelitian ini. Proses maserasi dilakukan selama 3x24 jam menggunakan pelarut etanol 70% sebanyak 5000 mL, dengan perbandingan antara simplisia dan pelarut sebesar 1:10. Selama proses maserasi, pengadukan dilakukan secara berkala untuk meningkatkan kontak antara simplisia dan pelarut, serta mempercepat difusi senyawa aktif ke dalam pelarut. Selanjutnya, dilakukan proses remaserasi selama 2x24 jam menggunakan pelarut 70% sebanyak 2500 mL dengan perlakuan serupa. Remaserasi dilakukan dengan cara merendam kembali ampas simplisia hasil maserasi sebelumnya menggunakan pelarut baru, kemudian disimpan dalam wadah tertutup pada suhu ruang dan diaduk secara berkala untuk memastikan sisa senyawa aktif dapat terekstraksi secara optimal. Tujuan remaserasi adalah untuk menarik kembali kandungan senyawa aktif yang masih tersisa atau belum sepenuhnya terekstraksi pada maserasi pertama (Fatwami & Royani, 2023). Filtrat dari proses maserasi dan

remaserasi di proses lebih lanjut dengan pemekatan menggunakan penangas air pada suhu 50°C yang terkontrol guna menjaga stabilitas senyawa flavonoid dan fenolik dalam sampel agar tidak mengalami degradasi (Lestari et al., 2021). Hasil ekstraksi menghasilkan rendemen sebesar 17,86%. Menurut DepKes RI (2000) nilai rendemen yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah ekstrak yang dihasilkan lebih banyak, yang dapat mengindikasikan kandungan metabolit sekunder dalam sampel tanaman relatif lebih tinggi. Rendemen ekstrak kental dikatakan memenuhi syarat apabila nilainya tidak kurang dari 10%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, rendemen dalam penelitian ini telah sesuai standar tersebut.

Langkah berikutnya adalah pelaksanaan skrining fitokimia, yang bertujuan untuk mengidentifikasi metabolit yang terkandung. Pada uji skrining fitokimia dilakukan uji senyawa alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin dan tanin (Nasution et al., 2024). Pada uji alkaloid, penambahan HCl dalam prosedur ini bertujuan untuk mengubah alkaloid yang bersifat basa menjadi bentuk garam (ion terprotonasi), sehingga meningkatkan kelarutannya dalam pelarut polar seperti air dan etanol (Fatwami & Royani, 2023). Dalam uji Dragendorff mendapatkan hasil positif ditunjukkan dengan terdapat endapan merah kecoklatan, hal ini terjadi karena, ion bismuth (Bi^{3+}) dari bismuth nitrat akan bereaksi dengan kalium iodida membentuk endapan bismuth (III) iodida. Endapan ini kemudian akan larut jika ditambahkan kalium iodida berlebih, menghasilkan kalium tetraiodobismutat. Pada uji Mayer, atom nitrogen pada alkaloid yang memiliki sepasang elektron bebas, akan bereaksi dengan kalium tetraiodomerkurat (II). Interaksi ini akan menghasilkan endapan kuning kompleks kalium-alkaloid. Sementara itu, pada uji Wagner, ion logam kation K^+ akan membentuk ikatan kovalen koordinat dengan nitrogen pada alkaloid, menghasilkan kompleks kalium-alkaloid yang mengendap. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya endapan berwarna coklat (Fatwami & Royani, 2023). Hasil uji alkaloid dengan pereagen Dragendorff menunjukkan perubahan warna menjadi merah kecoklatan meskipun tidak terbentuk endapan kasar. Hal ini dianggap positif, karena kompleks alkaloid-bismuth yang terbentuk bersifat larut atau membentuk suspensi halus. Reaksi yang serupa juga diamati pada uji wagner dan mayer, dimana perubahan warna khas menjadi indikator keberadaan alkaloid

meskipun endapan tidak terlihat signifikan. meskipun tidak terbentuk endapan yang terlihat (Godlewska et al., 2022)

Pada uji flavonoid, serbuk magnesium (Mg) dan HCl pekat ini bertindak sebagai reagen. Serbuk magnesium berperan sebagai agen reduktor yang mereduksi inti benzopiron yang merupakan bagian dari struktur flavonoid. Sedangkan HCl pekat berfungsi untuk mengionisasi agar proses reduksi berlangsung optimal. Hasil dari reaksi reduksi ini adalah pembentukan garam flavilium, yang ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi kuning, merah, atau jingga (Fatwami & Royani, 2023). Hasil dari uji flavonoid positif yaitu terbentuk warna kuning.

Pada uji fenolik, perubahan warna ini terjadi karena fenol dapat membentuk senyawa kompleks dengan FeCl_3 uji fenolik reaksi positif ditandai dengan terbentuk warna biru kehitaman atau hijau kehitaman, perubahan warna ini terjadi ketika FeCl_3 bereaksi dengan gugus hidroksil yang terdapat pada senyawa fenolik. (Dewi et al., 2021). Hasil uji senyawa fenolik menunjukkan reaksi positif yang ditandai dengan perubahan warna menjadi yaitu menghasilkan warna hijau kehitaman.

Pada uji saponin, menunjukkan hasil positif ditandai dengan terbentuknya busa yang stabil selama 5 menit (Chen et al., 2010). Busa yang terbentuk pada uji saponin yang memiliki dua gugus, yaitu gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik. Saat larutan digojog, gugus hidrofilik berinteraksi dengan air, sedangkan gugus hidrofobik berikatan dengan udara, membentuk struktur misel. Dalam struktur ini, bagian gugus hidrofilik menghadap keluar dan gugus hidrofobik menghadap kedalam, sehingga menyebabkan terbentuknya busa yang stabil. (Soamole et al., 2018). Hasil dari uji saponin positif yaitu terbentuk busa stabil selama 5 menit. Uji skrining fitokimia pada ekstrak etanol daun kupu-kupu menunjukkan hasil positif untuk golongan senyawa alkaloid, flavonoid, fenolik, dan saponin hasil uji dapat dilihat pada **Tabel 8**. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Nasution et al (2024).

Penetapan nilai SPF, %Te dan %Tp pada ekstrak daun kupu-kupu, digunakan rumus Mansur melalui metode spektrofotometri UV-Vis, yang dipilih karena metode ini umum dan sederhana. Penelitian ini menguji sampel ekstrak daun

kupu-kupu yang diperoleh dari metode maserasi dengan variasi konsentrasi 800 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm, dan 1600 ppm. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada **tabel 10**, ekstrak etanol daun kupu-kupu menunjukkan aktivitas proteksi terhadap sinar ultraviolet (UV) yang sangat baik, terlihat dari peningkatan nilai SPF seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Pada konsentrasi rendah 800 ppm, nilai SPF yang diperoleh adalah $18,5595 \pm 0,4503$, dan terus meningkat hingga $29,2115 \pm 0,1070$ pada konsentrasi tertinggi, yaitu 1600 ppm. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian pada tanaman lain, seperti ekstrak daun kemangi (*Ocimum sanctum*) yang menghasilkan nilai SPF sebesar $17,73 \pm 0,90$ pada konsentrasi 800 ppm (Endahsari et al., 2022), serta ekstrak etanol daun matoa (*Pometia pinnata*) yang menunjukkan nilai SPF sebesar 29,27 pada konsentrasi yang sama (Rismiasih & Justicia, 2022), menunjukkan efektivitas proteksi UV yang baik dan sebanding dengan bahan alam lain yang telah terbukti potensial sebagai tabir surya. Selain itu, berdasarkan data pada **Tabel 11** terlihat bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak dari 800 ppm dan 1600 ppm menunjukkan penurunan nilai %Tp dan %Te yang konsisten. Pada konsentrasi 800 ppm, nilai %Tp $1,0819 \pm 0,0141$ dan %Te sebesar $1,4231 \pm 0,0089$. Nilai ini menurun secara bertahap hingga mencapai $0,1025 \pm 0,0003$ untuk %Tp dan $0,1247 \pm 0,0039$ untuk %Te pada konsentrasi 1600 ppm. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terjadi lonjakan nilai SPF, %Te dan %Tp pada konsentrasi 800 ppm ke 1000 ppm. Hal ini diduga karena hubungan antara konsentrasi senyawa dalam ekstrak dan absorbansi sinar UV epidermis daun tidak linear, melainkan menunjukkan pola kurvilinear. Pola ini mengindikasikan adanya lonjakan dalam kemampuan proteksi Uv. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan prinsip saringan yang tidak homogen, dimana senyawa tidak tersebar merata di seluruh sel epidermis, melainkan terkonsentrasi di dalam vakuola sel. Pada konsentrasi yang rendah, terdapat celah transparan diantara vakuola yang memungkinkan sinar UV untuk menembus. Namun, Ketika konsentrasi meningkat, celah-celah ini semakin mengecil. Begitu konsentrasi mencapai titik kritis, akumulasi pigmen senyawa aktif menciptakan saringan yang jauh rapat, menghasilkan lonjakan dalam penyerapan UV dan memberikan perlindungan yang sangat signifikan (Kolb & Pfundel, 2005). Kemampuan proteksi

ini didukung oleh hasil uji fitokimia kualitatif yang menunjukkan adanya flavonoid dan fenolik, senyawa-senyawa ini memiliki gugus kromofor yang mampu menyerap energi radiasi UV dan mengubahnya menjadi energi panas yang tidak merusak jaringan kulit. Selain itu, gugus hidroksil (-OH) pada flavonoid dan fenolik berperan sebagai donor elektron yang mampu menstabilkan radikal bebas hasil paparan UV (Lisnawati et al., 2019). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa data pada seluruh parameter (SPF, %Te dan %Tp) berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen ($p\text{-value} > 0,05$), sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Hasil uji One Way ANOVA mengungkapkan adanya perbedaan signifikan antar kelompok konsentrasi ($p\text{-value} < 0,001$), kecuali %Tp antara konsentrasi 1400 ppm dan 1600 ppm ($p=0,060$) yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas proteksi terhadap UVA telah mencapai titik optimum pada konsentrasi 1400 ppm, sedangkan perlindungan terhadap UVB dan peningkatan nilai SPF masih berlanjut hingga konsentrasi 1600 ppm.