



KARAKTERISASI OPTIK EKSTRAK BUNGA TELANG (*CLITORIA TERNATEA L.*) PADA BERBAGAI TINGKAT PENGENCERAN SEBAGAI SENSITIZER ALAMI DSSC

*OPTICAL CHARACTERIZATION OF DILUTED BUTTERFLY PEA FLOWER EXTRACT (*CLITORIA TERNATEA L.*) AS A NATURAL SENSITIZER FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS*

Nadia Astriyani¹, Yus Rama Denny^{2*}, Yudi Guntara³

^{1,3}Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universtas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, Banten, Indonesia

²Laboratorium Fotovoltaik, Devais Fungsional, dan Kecerdasan Buatan, Universtas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, Banten, Indonesia

*Corresponding author: yusramadenny@untirta.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi pengenceran ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) terhadap karakteristik absorbansi UV-Vis dan nilai *optical band gap* sebagai kandidat *dye* alami *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Metode eksperimen laboratorium dilakukan melalui pembuatan empat variasi pengenceran, yaitu 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20 (v/v) dari hasil maserasi pelarut etanol 96% dan HCl 0,2%. Karakterisasi sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang 400–700 nm, dilanjutkan analisis celah pita energi dengan metode *Tauc Plot*. Hasil penelitian menunjukkan seluruh sampel memiliki puncak absorbansi pada rentang 557–573 nm yang mengindikasikan keberadaan antosianin. Variasi 1:5 menghasilkan absorbansi tertinggi sebesar 2,9974, sedangkan pengenceran 1:10 menunjukkan kondisi optimum berdasarkan karakteristik absorbansi dan nilai *optical band gap* terendah sebesar 1,891 eV sehingga berpotensi sebagai kandidat sensitizer alami DSSC..

Kata kunci: bunga telang, DSSC, absorbansi UV-Vis, antosianin, *optical band gap*

ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of dilution variations of butterfly pea flower (*Clitoria ternatea L.*) extract on its UV-Vis absorbance characteristics and optical band gap values as a natural dye candidate for Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC). Laboratory experiments were conducted by preparing four dilution variations, namely 1:5, 1:10, 1:15, and 1:20 (v/v), from maceration products using 96% ethanol and 0.2% (HCl) solvents. Sample characterization was performed using a UV-Vis spectrophotometer in the 400–700 nm range, followed by energy band gap analysis using the Tauc Plot method. The results showed that all samples exhibited absorbance peaks within the 557–573 nm range, indicating the presence of anthocyanins. The 1:5 dilution yielded the highest absorbance of 2.9974, while the 1:10 dilution demonstrated the optimum condition with the lowest band gap value of 1.891 eV, thus showing the best potential as a natural DSSC sensitizer.*

Keywords: butterfly pea flower, DSSC, UV-Vis absorbance, anthocyanin, *optical band gap*



1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

Krisis bahan bakar fosil yang kian menipis dan melonjaknya kebutuhan listrik global membuat pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan jadi makin mendesak (Grätzel, 2003). Di tengah situasi ini, teknologi fotovoltaik hadir sebagai solusi alternatif yang menjanjikan, sebab bisa mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik tanpa menyisakan emisi gas buang yang merusak lingkungan (Wei, 2010). Salah satu jenis sel surya generasi ketiga yang saat ini banyak diteliti adalah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Alasan utamanya karena DSSC ini relatif murah biaya produksinya, proses fabrikasi yang sederhana, dan tetap bisa bekerja optimal walau kondisi cahayanya minim kalau dibandingin sama sel surya silikon konvensional (O'Regan & Grätzel, 1991). Secara struktur, komponen DSSC ini saling melengkapi, mulai dari lapisan semikonduktor, *dye sensitizer*, elektrolit, sampai elektroda penghantar (Nazeeruddin et al., 2011). Di dalam sistem tersebut, peran *dye sensitizer* sangat krusial karena bertugas menangkap energi foton, yang lalu melepas elektron ke pita konduksi titanium dioksida (TiO_2) sebagai material semikonduktornya (Grätzel, 2003). Efektif atau tidaknya proses transfer elektron ini sangat bergantung pada sifat optik si *dye*, terutama seberapa kuat ia menyerap spektrum cahaya tampak (Wei, 2010). Itulah mengapa pemilihan bahan *sensitizer* akan sangat menentukan performa DSSC secara keseluruhan (Hardeli et al., 2019).

Sejauh ini, penggunaan *dye* sintesis berbahan kompleks ruthenium memang terbukti menghasilkan efisiensi konversi energi yang relatif tinggi (Grätzel, 2003). Sayangnya, zat sintetis seperti ini memiliki kelemahan: harganya mahal, proses sintesisnya kompleks, dan ada risiko mencemari lingkungan karena sifat toksiknya (Hardeli et al., 2019). Berangkat dari kendala tersebut, para peneliti mulai melirik *dye* alami yang dinilai lebih ekonomis, mudah diperoleh, mudah terurai (*biodegradable*), dan pastinya aman bagi lingkungan (Sawhney et al., 2017). Salah satu tanaman lokal yang punya potensi besar untuk dijadikan *dye* alami DSSC adalah kembang atau bunga telang (*Clitoria ternatea*), karena tanaman ini punya kandungan pigmen antosianin yang melimpah (Purwaniati et al., 2020). Zat antosianin pada bunga telang sendiri didominasi oleh senyawa ternatin, yang sekaligus memberikan warna biru keunguan alami pada mahkota bunganya (Suryana, 2021). Menariknya, antosianin ini memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi yang membuatnya mampu menyerap cahaya di area spektrum tampak, sehingga sangat cocok dijadikan *photosensitizer* pada komponen DSSC (Putri & Ningsih, 2025). Di samping itu, adanya gugus fungsi hidroksil ($-\text{OH}$) dan karbonil ($\text{C}=\text{O}$) pada struktur antosianin memungkinkannya mengikat permukaan (TiO_2) dengan kuat, sehingga mempermudah aliran elektron menuju material semikonduktor (Roviqoh & Kusumawati, 2022).

Tren riset tentang pemanfaatan bunga telang sebagai *sensitizer* alami DSSC sebetulnya sudah cukup ramai dalam beberapa tahun belakangan. Riset yang dilakukan oleh (Putri & Ningsih, 2025). membuktikan kalau ekstrak bunga telang punya titik serap (absorbansi) puncak di area *visible* (cahaya tampak), yang artinya berpotensi kuat sebagai komponen *dye*. Studi lain juga menyebutkan bahwa faktor lingkungan larutan seperti tingkat pH ikut memengaruhi kestabilan zat antosianin dan performa serapan cahayanya (Roviqoh & Kusumawati, 2022). Untuk memetakan karakteristik absorbansi dari *dye* alami ini, instrumen yang biasa dipakai adalah spektrofotometer UV-Visible. Alat ini berguna untuk mencari tahu berapa panjang gelombang maksimum (λ_{max}) sekaligus mengukur daya serap cahaya oleh molekul antosianin (Purwaniati et al., 2020). Analisis UV-Vis sangat penting karena jumlah cahaya yang diserap *dye* berkaitan langsung dengan jumlah elektron yang dapat tereksitasi pada sistem DSSC (Wei, 2010). Tidak hanya itu, data dari hasil uji UV-Vis ini juga bisa dipakai untuk menghitung nilai *optical band gap* (E_g) menggunakan pendekatan *Tauc Plot*. Nilai band gap tersebut menunjukkan energi minimum yang diperlukan elektron untuk mengalami transisi eksitasi (Ma et al., 2014).

Meskipun metode *Tauc Plot* banyak digunakan untuk memperkirakan nilai *optical band gap* (E_g) dari data spektroskopi UV-Vis, penerapannya pada sistem ekstrak antosianin cair memerlukan perhatian khusus (Makula et al., 2018). Secara teoritis, pendekatan *Tauc* dikembangkan untuk material semikonduktor padat yang memiliki struktur pita energi (*band structure*) yang jelas, seperti film tipis, oksida logam, maupun material kristalin (Dolgonos et al., 2016). Sementara itu, ekstrak bunga telang merupakan campuran



kompleks berbagai senyawa organik, terutama antosianin dan turunannya, yang berada dalam fase larutan sehingga tidak memiliki pita valensi dan pita konduksi sebagaimana material semikonduktor anorganik (Escobedo-Morales et al., 2019). Oleh karena itu, nilai band gap yang diperoleh melalui Tauc Plot pada sistem ini lebih tepat dipandang sebagai energi transisi optik efektif (*effective optical transition energy*) daripada band gap intrinsik material (Makula et al., 2018).

Selain itu, keberadaan beberapa jenis pigmen, fenomena pelebaran pita serapan (*band broadening*), interaksi antarmolekul, serta kemungkinan terjadinya agregasi pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan ketidakpastian dalam penentuan daerah linear kurva Tauc (Makula et al., 2018; Suryana, 2021). Akibatnya, nilai E_g yang dihasilkan bersifat estimatif dan lebih sesuai digunakan sebagai parameter komparatif untuk membandingkan pengaruh variasi pengenceran ekstrak daripada sebagai representasi absolut struktur elektronik antosianin (Dolgonos et al., 2016). Meskipun demikian, pendekatan Tauc Plot tetap banyak dimanfaatkan dalam penelitian pewarna alami karena mampu memberikan gambaran awal mengenai perubahan karakteristik optik akibat variasi komposisi, konsentrasi, maupun perlakuan terhadap ekstrak pewarna (Escobedo-Morales et al., 2019; Makula et al., 2018).

Walaupun riset tentang bunga telang untuk DSSC sudah banyak diulas, kajian yang membahas secara spesifik bagaimana pengaruh pengenceran ekstrak terhadap sifat serapan UV-Vis ternyata masih sangat jarang disentuh. Padahal, pekat atau encernya larutan *dye* merupakan parameter krusial yang langsung berimbas pada intensitas serapan, tingkat transparansi optik, hingga stabilitas molekul antosianin itu sendiri (Purwaniati et al., 2020). Kalau merujuk pada teori Hukum Beer-Lambert, korelasi antara konsentrasi zat dan nilai absorbansi seharusnya berjalan lurus; artinya semakin pekat larutannya, serapannya makin tinggi (Skoog et al., 1992). Namun dalam realitasnya, pada tingkat kepekatan tertentu sering kali muncul penyimpangan (*deviasi*) akibat adanya interaksi antarmolekul *dye* yang mengubah sifat optik larutan tersebut (Suryana, 2021). Jika konsentrasi *dye* terlalu pekat, molekul antosianin cenderung akan menggumpal (terjadi agregasi). Gumpalan ini justru menghambat laju transfer elektron menuju pita konduksi TiO_2 (Kambili et al., 2002). Dampak buruk dari fenomena agregasi ini bisa memicu terjadinya *self-quenching*, yaitu kondisi yang menurunkan efisiensi perpindahan elektron pada sistem DSSC (Nazeeruddin et al., 2011). Sebaliknya, kalau pengencerannya terlalu ekstrem atau konsentrasi yang terlalu rendah, kerapatan optik larutan akan anjlok sehingga jumlah partikel cahaya (foton) yang bisa ditangkap oleh *dye* jadi sangat sedikit (Putri & Ningsih, 2025). Makanya, optimasi konsentrasi ekstrak bunga telang ini penting dilakukan demi menemukan titik temu yang pas antara nilai absorbansi yang tinggi dan kestabilan molekul *dye* yang terjaga (Roviqoh & Kusumawati, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk membedah secara mendalam bagaimana pengaruh variasi pengenceran ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea*) terhadap karakteristik nilai absorbansi UV-Vis dalam perannya sebagai kandidat *dye* alami pada sistem *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Secara lebih spesifik, eksperimen ini diarahkan untuk menentukan titik panjang gelombang maksimum (λ_{max}), dari pigmen antosianin serta menganalisis kesesuaian hubungan antara tingkat konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya berdasarkan parameter Hukum Beer-Lambert. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghitung nilai *optical band gap* (E_g) pada setiap variasi pengenceran ekstrak menggunakan metode pendekatan *Tauc Plot*. Melalui seluruh rangkaian analisis tersebut, luaran dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan teoritis sekaligus acuan praktis dalam menentukan standar konsentrasi optimum dari *dye* alami bunga telang guna mendongkrak efisiensi penyerapan energi cahaya pada komponen DSSC.

2. METODE PENELITIAN/ RESEARCH METHOD

2.1 Jenis Penelitian

Eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif dipilih sebagai metode dalam penelitian ini. Pendekatan tersebut diterapkan guna mengkaji secara nyata bagaimana pengaruh variasi pengenceran



ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) terhadap karakteristik nilai absorbansi UV-Vis dalam perannya sebagai *sensitizer* pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Penggunaan metode eksperimen ini dinilai tepat karena melibatkan pemberian perlakuan terkontrol berupa tingkat pengenceran ekstrak yang berbeda, yang kemudian dilanjutkan dengan pengamatan sistematis terhadap fluktuasi nilai absorbansi yang dihasilkan.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Rangkaian penelitian ini dijadwalkan dan dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2026. Seluruh tahapan eksperimen, mulai dari proses ekstraksi komponen bunga telang, pembuatan variasi pengenceran larutan, hingga pengujian nilai absorbansi sampel, dilakukan secara terpadu di Laboratorium Terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis.

2.3 Target/Subjek Penelitian

Target utama yang ingin dicapai dalam riset ini adalah mengetahui pengaruh variasi pengenceran ekstrak bunga telang terhadap sifat absorbansi UV-Vis sebagai kandidat *dye* alami DSSC. Untuk menemukan karakteristik sampel yang paling ideal dan optimal untuk diaplikasikan pada DSSC, subjek penelitian difokuskan pada empat variasi tingkat pengenceran dengan perbandingan volume sebesar 1:5 (v/v), 1:10 (v/v), 1:15 (v/v), dan 1:20 (v/v).

2.4 Prosedur

Rangkaian prosedur penelitian ini dijalankan secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, diawali dengan preparasi sampel bunga telang. Pada tahap ini, kelopak bunga telang yang telah dikeringkan secara sempurna dihaluskan menggunakan alat *chopper* guna mengecilkan ukuran partikelnya, sehingga luas permukaan kontak material meningkat dan proses penetrasi pelarut menjadi lebih efektif. Tahap berikutnya adalah ekstraksi *dye* alami, di mana serbuk bunga telang hasil penggilingan tersebut dimaserasi menggunakan kombinasi pelarut etanol 96% dan asam klorida (HCl) 0,2% selama 24 jam. Setelah masa perendaman selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu padat dan memperoleh filtrat jernih berupa larutan murni ekstrak bunga telang.

Langkah ketiga dilanjutkan dengan pembuatan variasi pengenceran menggunakan pelarut aquades dengan membandingkan volume antara ekstrak induk terhadap pelarut. Proses ini dilakukan secara konsisten dengan melarutkan 1 mL ekstrak bunga telang ke dalam masing-masing wadah yang berisi 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL aquades untuk mendapatkan variasi rasio volume sebesar 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20 (v/v). Setelah seluruh variasi sampel siap, dilakukan tahapan karakterisasi UV-Vis menggunakan instrumen spektrofotometer pada rentang spektrum panjang gelombang 400–700 nm. Pemindaian ini bertujuan untuk merekam profil nilai absorbansi serta mengidentifikasi titik panjang gelombang maksimum ($\lambda_{\max}$) dari masing-masing tingkat kepekatan. Pada tahap akhir, data mentah berupa grafik spektrum dan nilai absorbansi yang diperoleh dari alat ukur dikumpulkan untuk dianalisis secara komparatif guna memetakan pengaruh tingkat pengenceran terhadap kemampuan penyerapan energi cahaya oleh ekstrak bunga telang.

2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Data utama dalam penelitian ini bersumber dari larutan ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) hasil maserasi pelarut etanol, yang kemudian diturunkan menjadi empat variasi kepekatan menggunakan aquades dengan rasio volume 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20. Pengkondisian variasi ini sengaja dilakukan untuk melihat dinamika pergeseran nilai absorbansi akibat pengaruh konsentrasi zat terlarut.



Aktivitas eksperimen ini didukung oleh beberapa instrumen pendukung laboratorium, meliputi spektrofotometer UV-Vis, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, batang pengaduk, kertas saring, neraca digital, serta botol khusus penyimpanan sampel. Pengambilan data serapan cahaya dijalankan lewat pemindaian langsung pada spektrum panjang gelombang 400–700 nm. Teknik pengumpulan datanya sendiri menerapkan metode pengukuran langsung (*direct measurement*) pada tiap objek bervariasi, di mana parameter yang dicatat mencakup performa spektrum absorpsi dan letak puncak gelombang maksimum ($\lambda_{\max}$) dari masing-masing konsentrasi *dye*.

2.6 Teknik Analisis Data

Data kuantitatif yang diperoleh dari karakterisasi spektrofotometer UV-Vis selanjutnya diolah menggunakan teknik deskriptif kuantitatif. Profil spektrum serapan yang terekam pada rentang 400–700 nm dipetakan untuk mengukur sejauh mana kemampuan penetrasi dan retensi cahaya pada masing-masing sampel.

Langkah analisis dilakukan dengan membandingkan secara komparatif nilai absorbansi puncak di antara variasi pengenceran 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20. Guna mempermudah pembacaan pola perubahan data, tren grafik hubungan antara variabel panjang gelombang (sumbu-X) dan nilai absorbansi (sumbu-Y) serta visualisasi tabel akan disajikan secara sistematis. Pada tahap akhir, sampel yang menorehkan angka absorbansi paling tinggi dan stabil akan dianalisis sebagai variasi pengenceran terbaik yang paling menjanjikan untuk diaplikasikan sebagai komponen *sensitizer* pada sistem *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Selain analisis absorbansi, data hasil karakterisasi UV-Vis juga digunakan untuk mengestimasi nilai optical band gap (E_g) menggunakan metode Tauc Plot. Penentuan nilai band gap dilakukan berdasarkan hubungan antara energi foton dan koefisien absorbansi yang dinyatakan melalui persamaan Tauc berikut:

$$(\alpha h\nu)^n = A(h\nu - E_g)$$

Dimana α merupakan koefisien absorbansi, $h\nu$ adalah energi foton, A merupakan konstanta, dan E_g adalah optical band gap. Nilai E_g diperoleh melalui ekstrapolasi daerah linear kurva Tauc hingga memotong sumbu energi foton ($h\nu$) pada saat nilai $(\alpha h\nu)^n = 0$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

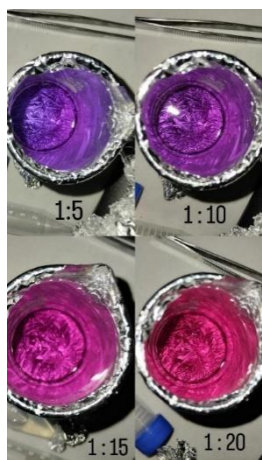
3.1 Hasil Sintesis Ekstrak Bunga Telang

Proses ekstraksi bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol berhasil menghasilkan filtrat berwarna ungu pekat. Karakteristik warna yang intens ini menjadi indikator kuat adanya kandungan pigmen antosianin di dalam ekstrak, yang nantinya berperan sebagai senyawa aktif penyerap foton cahaya pada sistem *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Setelah filtrat murni diperoleh, langkah berikutnya adalah mengkondisikan larutan ke dalam empat variasi tingkat pengenceran menggunakan aquades, yaitu dengan rasio volume 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20 (v/v) guna memetakan pengaruh tingkat konsentrasi terhadap sifat optik sampel.

Berdasarkan hasil pengamatan visual, terdapat degradasi atau perbedaan intensitas warna yang cukup kontras pada setiap variasi pengenceran. Sampel dengan tingkat pengenceran 1:5 menunjukkan corak warna ungu yang paling pekat dan tua. Sebaliknya, pada sampel dengan pengenceran tertinggi (1:20), warna larutan memudar menjadi jauh lebih terang atau merah muda. Fenomena perubahan gradasi warna ini membuktikan secara langsung bahwa penambahan volume pelarut aquades yang semakin besar secara struktural menurunkan konsentrasi molekul pigmen antosianin di dalam volume larutan tersebut.



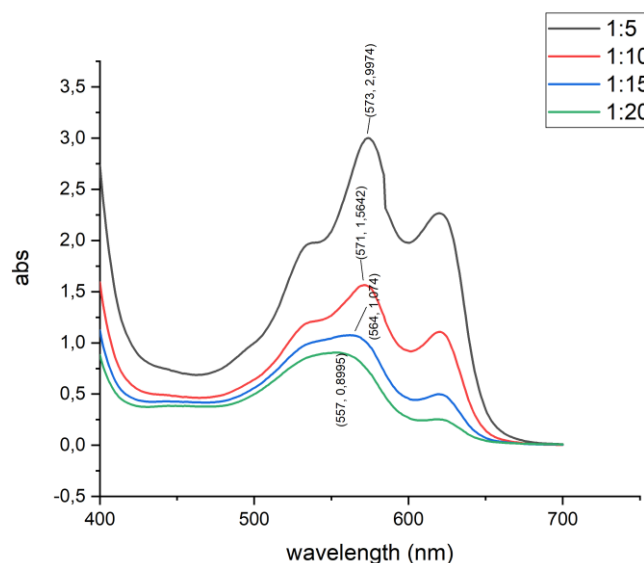
Secara lebih detail, perbedaan tampilan fisik dari masing-masing sampel ini dapat dicermati pada Gambar 1. Ketika variasi 1:5 dan 1:10 masih mempertahankan karakteristik warna ungu tua, variasi 1:15 dan 1:20 sudah bergeser menjadi ungu muda hingga cenderung merah muda. Memudarnya intensitas warna ini menjadi sinyal awal bahwa jumlah kerapatan molekul *dye* yang bertugas menangkap energi cahaya mengalami penurunan drastis akibat pengenceran. Kondisi fisik larutan yang kian transparan ini diprediksi kuat akan berbanding lurus dengan penurunan nilai nilai absorbansi ketika sampel diuji lebih lanjut menggunakan karakterisasi spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 1. Variasi warna ekstrak bunga telang pada pengenceran 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20

3.2 Hasil karakterisasi UV – Vis Ekstrak Bunga Telang

Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis dijalankan untuk mengetahui secara spesifik bagaimana pengaruh variasi pengenceran ekstrak bunga telang terhadap kapasitasnya dalam menyerap energi cahaya matahari. Pemindaian instrumen ini difokuskan pada rentang spektrum cahaya tampak (*visible*) antara panjang gelombang 400 hingga 700 nm, yang disesuaikan dengan empat variasi tingkat pengenceran sampel, yaitu rasio 1:5, 1:10, 1:15, dan 1:20 (v/v). Pemilihan rentang panjang gelombang ini didasarkan pada sifat fungsional molekul antosianin sebagai kandidat *dye* alami pada komponen *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang memang aktif bekerja pada spektrum tampak. Hasil rekaman spektrum absorbansi secara menyeluruh dari masing-masing konsentrasi ekstrak bunga telang tersebut dapat lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum UV-Vis ekstrak bunga telang pada berbagai variasi pengenceran

Dari hasil karakterisasi UV – Vis yang dilakukan, seluruh sampel menunjukkan tren pola spektrum serapan yang serupa, di mana puncak absorptansi utamanya konsisten berada pada rentang panjang gelombang 557 hingga 573 nm. Kemunculan puncak di area ini merupakan ciri khas (sidik jari optik) dari pigmen antosianin yang tersimpan di dalam kelopak bunga telang. Secara struktur kimia, antosianin memiliki gugus kromofor yang sangat peka dan aktif dalam menyerap gelombang foton di spektrum cahaya tampak (*visible*), sehingga menjadikannya sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai komponen *sensitizer* alami pada sistem DSSC(Hardeli et al., 2019).

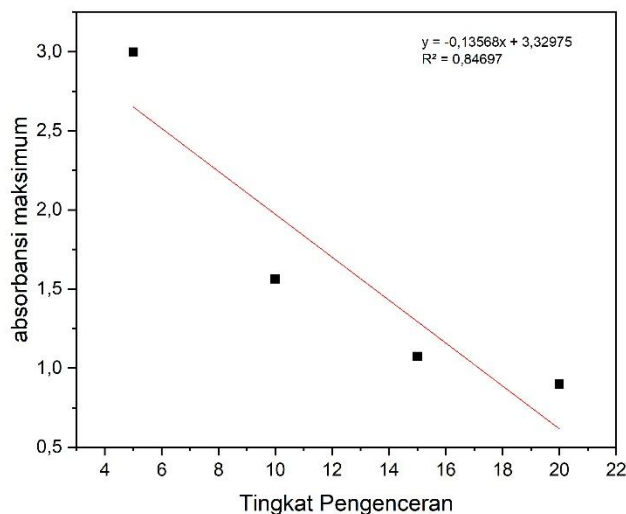
Meskipun pola spektrumnya mirip, perbedaan intensitas daya serap (absorptansi) terlihat sangat kontras di setiap variasi tingkat kepekatan larutan. Sampel dengan pengenceran paling rendah, yaitu rasio 1:5, mencatatkan nilai puncak absorptansi paling tinggi mencapai angka 2,9974 pada panjang gelombang 573 nm. Seiring dengan bertambahnya volume pelarut, nilai absorptansi tersebut terpantau terus merosot secara bertahap. Pada variasi pengenceran 1:10, nilai serapannya turun menjadi 1,5642 pada panjang gelombang 571 nm. Tren penurunan ini berlanjut pada variasi 1:15 yang menghasilkan nilai 1,074 pada panjang gelombang 564 nm, hingga akhirnya mencapai titik terendah pada variasi pengenceran 1:20 dengan nilai absorptansi hanya sebesar 0,8995 pada panjang gelombang 557 nm. Untuk melihat pemetaan data kuantitatif dari hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis ini secara lebih komprehensif, rangkuman datanya telah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai panjang gelombang maksimum dan absorptansi ekstrak bunga telang

No	Variasi Pengenceran	λ max(nm)	Absorptansi
1	1 : 5	573	2,9974
2	1 : 10	571	1,5642
3	1 : 15	564	1,074
4	1 : 20	557	0,8995



Merujuk pada data yang terekam di Tabel 1, terlihat jelas adanya tren penurunan nilai absorbansi yang berbanding lurus dengan semakin tingginya tingkat pengenceran larutan. Penurunan ini mengonfirmasi bahwa penambahan volume pelarut yang kian besar akan mengencerkan kerapatan molekul pigmen antosianin di dalam sistem, sehingga kemampuan larutan dalam menjebak foton cahaya otomatis ikut melemah. Dinamika hubungan ini sangat selaras dengan prinsip Hukum Beer-Lambert, yang menegaskan bahwa nilai absorbansi suatu media berbanding lurus dengan konsentrasi zat terlarut di dalamnya (Skoog et al., 1992).



Gambar 3. Hubungan tingkat pengenceran terhadap absorbansi maksimum ekstrak bunga telang

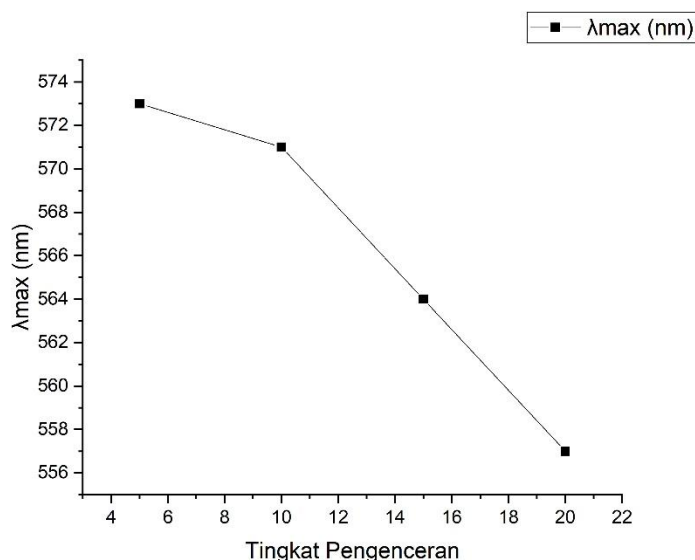
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tingkat pengenceran dan absorbansi maksimum ekstrak bunga telang. Terlihat bahwa peningkatan tingkat pengenceran menyebabkan penurunan absorbansi maksimum secara konsisten. Absorbansi tertinggi diperoleh pada pengenceran 1:5 sebesar 2,9974, kemudian menurun menjadi 1,5642 pada pengenceran 1:10, 1,074 pada pengenceran 1:15, dan mencapai 0,8995 pada pengenceran 1:20. Penurunan ini menunjukkan bahwa semakin besar volume pelarut yang ditambahkan, semakin rendah konsentrasi pigmen antosianin di dalam larutan sehingga kemampuan larutan dalam menyerap cahaya tampak menjadi berkurang (Skoog et al., 1992).

Analisis regresi linier menghasilkan persamaan $y = -0,13568x + 3,32975$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,84697. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar 84,70% variasi absorbansi dapat dijelaskan oleh perubahan tingkat pengenceran, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diamati dalam penelitian. Selain itu, nilai koefisien korelasi Pearson sebesar -0,92031 mengindikasikan adanya hubungan negatif yang sangat kuat antara tingkat pengenceran dan absorbansi maksimum. Kemiringan garis regresi yang bernilai negatif menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pengenceran akan diikuti oleh penurunan absorbansi maksimum ekstrak bunga telang (Douglas C. et al., 2021).

Hasil tersebut sesuai dengan prinsip Hukum Beer-Lambert yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap dalam larutan. Ketika larutan mengalami pengenceran, jumlah molekul antosianin yang tersedia untuk menyerap foton menjadi lebih sedikit sehingga intensitas absorbansi menurun. Fenomena ini mengindikasikan bahwa konsentrasi pigmen merupakan faktor dominan yang memengaruhi karakteristik optik ekstrak bunga telang sebagai kandidat sensitizer alami pada DSSC (Hardeli et al., 2019; Skoog et al., 1992).



Meskipun demikian, hasil uji ANOVA menunjukkan nilai p sebesar 0,07969 ($p > 0,05$), sehingga hubungan tersebut belum signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%. Kondisi ini diduga disebabkan oleh jumlah titik pengamatan yang relatif terbatas, yaitu hanya empat variasi pengenceran. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan jumlah variasi konsentrasi yang lebih banyak diperlukan untuk memperoleh model regresi yang lebih representatif dan meningkatkan kekuatan statistik analisis (Douglas C. et al., 2021).



Gambar 4. Hubungan tingkat pengenceran terhadap panjang gelombang maksimum (λ_{max}) ekstrak bunga telang

Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pengenceran menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dari 573 nm pada pengenceran 1:5 menjadi 557 nm pada pengenceran 1:20. Pergeseran sebesar 16 nm menuju panjang gelombang yang lebih pendek tersebut dikenal sebagai hypsochromic shift atau blue shift. Fenomena ini menunjukkan bahwa pengenceran tidak hanya memengaruhi intensitas absorbansi, tetapi juga memengaruhi karakteristik elektronik molekul antosianin yang berperan dalam proses penyerapan cahaya (Marpaung & Paramaputri, 2023).

Secara fisika molekuler, pada konsentrasi yang lebih tinggi molekul antosianin cenderung mengalami interaksi antarmolekul berupa agregasi, ikatan hidrogen, dan kopigmentasi yang meningkatkan delokalisasi elektron pada sistem kromofor. Interaksi tersebut menyebabkan energi transisi elektronik menjadi lebih rendah sehingga puncak serapan muncul pada panjang gelombang yang lebih besar. Ketika larutan mengalami pengenceran, interaksi antarmolekul berkurang sehingga delokalisasi elektron menurun dan energi yang diperlukan untuk eksitasi elektron meningkat. Akibatnya, λ_{max} bergeser menuju panjang gelombang yang lebih pendek sebagaimana ditunjukkan oleh pergeseran dari 573 nm menjadi 557 nm pada penelitian ini (Cortez et al., 2017).

Pergeseran spektrum ini mengindikasikan bahwa perubahan konsentrasi larutan tidak hanya memengaruhi jumlah molekul penyerap cahaya, tetapi juga memengaruhi lingkungan elektronik pigmen antosianin. Oleh karena itu, tingkat pengenceran menjadi parameter penting dalam karakterisasi optik ekstrak bunga telang untuk aplikasi sebagai sensitizer alami pada DSSC.

Namun, ada hal menarik yang perlu dicermati pada aspek pengukuran optiknya. Walaupun variasi rasio 1:5 menorehkan angka absorbansi paling tinggi, nilai yang terlampaui besar (mendekati angka 3) sebenarnya rawan memicu deviasi atau penyimpangan terhadap linearitas instrumen UV-Vis. Kondisi larutan yang kelewat pekat ini membuat intensitas cahaya transmisivitas yang diteruskan ke bagian detektor

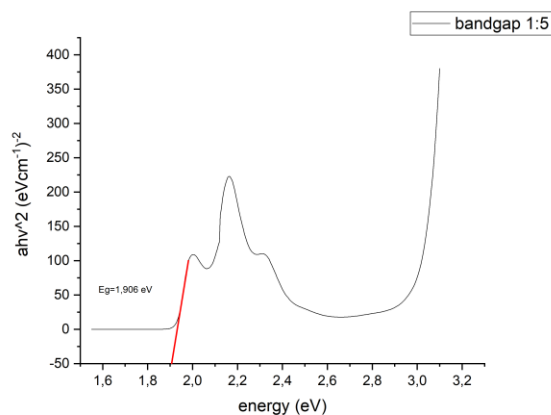


menjadi sangat minim, sehingga pembacaan alat berisiko kurang akurat. Oleh sebab itu, variasi pengenceran 1:10 menunjukkan karakteristik absorbansi yang lebih stabil dan masih berada dalam rentang pengukuran optimum instrumen UV-Vis; sampel ini mampu mempertahankan intensitas serapan yang kokoh di area spektrum tampak tanpa harus mengalami fenomena saturasi (kejenuhan) sinyal pada alat ukur.

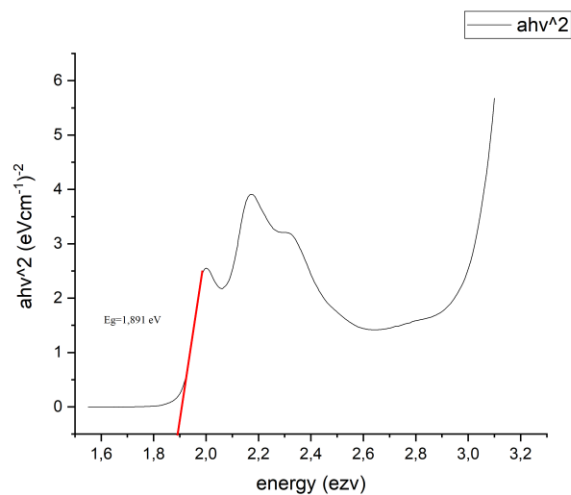
Temuan dalam eksperimen ini juga diperkuat oleh laporan dari (Kumara et al., 2017) yang menyatakan bahwa tingkat kepekatan *dye* alami sangat mendikte efisiensi penyerapan energi cahaya pada komponen DSSC. Jika konsentrasi *dye* terlalu rendah, konversi cahaya matahari menjadi listrik jelas tidak akan maksimal karena sedikitnya foton yang ditangkap. Sebaliknya, jika konsentrasi terlalu tinggi, kualitas parameter optiknya justru menurun akibat kendala teknis pengukuran. Dengan mempertimbangkan aspek tersebut, variasi pengenceran 1:10 dalam riset ini diproyeksikan memiliki potensi sebagai kandidat sensitizer alami DSSC, sebab berhasil menawarkan titik keseimbangan yang pas antara intensitas absorbansi yang tinggi dan stabilitas data pada karakterisasi UV-Vis.

3.3 Analisis Optical Bandgap (E_g)

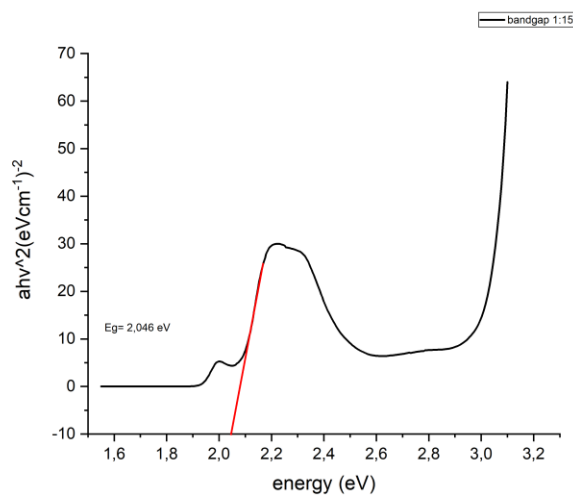
Nilai celah pita energi optik (*optical band gap*, E_g) dari ekstrak bunga telang dipetakan secara kuantitatif menggunakan metode Tauc Plot, yang dihitung berdasarkan basis data hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis. Penerapan metode Tauc Plot ini bertujuan untuk mengukur ambang energi paling minimal yang wajib dipenuhi oleh elektron agar dapat melakukan transisi atau "lompatan" eksitasi dari pita valensi menuju ke pita konduksi (Tauc et al., 1966). Dalam praktiknya, penentuan besaran nilai *band gap* ini dilakukan secara geometris dengan cara menarik garis lurus (linear) pada area kurva transisi serapan yang paling curam, kemudian menariknya ke bawah (ekstrapolasi) hingga memotong sumbu horizontal yang mewakili sumbu energi foton ($h\nu$). Titik potong pada sumbu - X saat nilai absorbansi dianggap nol itulah yang menjadi indikator nilai E_g dari sampel. Visualisasi grafik Tauc Plot untuk tiap-tiap variasi tingkat pengenceran ekstrak bunga telang secara detail telah disajikan pada Gambar 3 sampai 6.



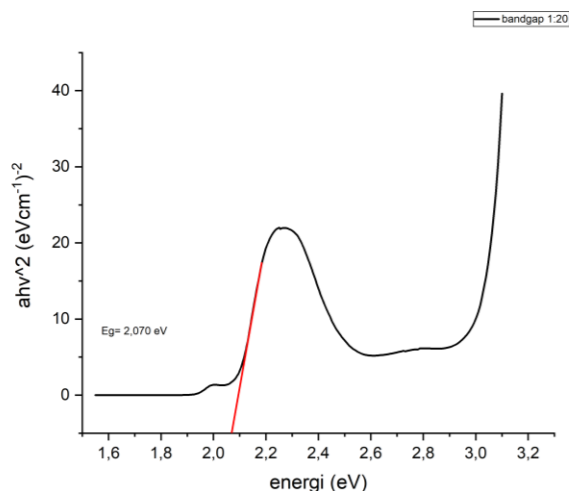
Gambar 3. Tauc Plot ekstrak bunga telang pada pengenceran 1:5



Gambar 4. Tauc Plot ekstrak bunga telang pada pengenceran 1:10



Gambar 5. Tauc Plot ekstrak bunga telang pada pengenceran 1:15



Gambar 6. Tauc Plot ekstrak bunga telang pada pengenceran 1:20

Berdasarkan hasil kalkulasi menggunakan metode Tauc Plot, diperoleh estimasi nilai celah pita energi optik (*optical band gap*) yang bervariasi pada setiap tingkat pengenceran sampel. Dinamika perubahan nilai *band gap* dari masing-masing konsentrasi ekstrak bunga telang tersebut telah dirangkum secara sistematis dan dapat dicermati pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *optical band gap* ekstrak bunga telang

Variasi pengenceran	Bandgap (eV)
1 : 5	1,906
1 : 10	1,891
1 : 15	2,046
1 : 20	2,070

Jika dicermati lebih lanjut pada Tabel 2, variasi pengenceran 1:10 berhasil mencatatkan nilai celah pita (*band gap*) paling rendah, yaitu sebesar 1,891 eV. Sebaliknya, nilai *band gap* tertinggi justru ditemukan pada variasi pengenceran 1:20 dengan angka mencapai 2,070 eV. Fluktuasi nilai ini mengindikasikan secara kuat bahwa tingkat pengenceran larutan berbanding lurus dengan perubahan karakteristik optik dari ekstrak bunga telang. Ada kecenderungan bahwa semakin encer kondisi suatu larutan, maka nilai celah pitanya akan semakin lebar.

Fenomena melebarnya celah pita pada kondisi larutan yang lebih encer ini diduga kuat terjadi karena menyusutnya populasi molekul antosianin di dalam sistem pelarut. Akibatnya, jarak dan interaksi antarmolekul penyerap cahaya menjadi renggang, yang berimbas pada meningkatnya ambang batas energi yang diperlukan elektron untuk melakukan eksitasi. Sebaliknya, pada larutan yang lebih pekat (konsentrasi tinggi), nilai *band gap* cenderung menyempit karena kerapatan molekul yang padat membuat proses transisi elektron dapat berjalan dengan jauh lebih mudah.

Secara teoritis, perolehan nilai *band gap* ekstrak bunga telang yang berada pada rentang 1,8 hingga 2,1 eV ini membuktikan bahwa material tersebut sangat efektif dalam memanen energi di area spektrum cahaya tampak (*visible*). Karakteristik energi ini menjadikannya kandidat yang sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai komponen *sensitizer* alami pada sistem DSSC (Hagfeldt et al., 2010) Semakin rendah nilai celah pita suatu bahan, maka semakin kecil pula pasokan energi foton yang dibutuhkan elektron untuk



melompat dari pita valensi menuju ke pita konduksi, sehingga performa pemanenan cahaya dapat berlangsung jauh lebih efisien.

Temuan dalam riset ini juga sangat selaras dengan kajian yang dilakukan oleh (Kumara et al., 2017) di mana mereka melaporkan bahwa kepekatan konsentrasi *dye* alami memegang peranan penting dalam mendikte sifat optik dan dinamika energi transisi elektron pada sel surya. Kondisi larutan yang konsentrasi yang terlalu rendah akan memicu pembengkakan nilai *band gap*, yang pada akhirnya membuat penyerapan energi matahari menjadi tidak optimal.

Meskipun variasi rasio 1:5 sebelumnya menorehkan angka absorbansi tertinggi pada uji UV-Vis, variasi pengenceran 1:10 terbukti menawarkan parameter yang jauh lebih seimbang dan optimum, sebab mampu memadukan intensitas absorbansi yang kokoh dengan estimasi *optical band gap* terendah di antara semua sampel. Berdasarkan pertimbangan komparatif tersebut, formula pengenceran 1:10 disimpulkan memiliki prospek paling menjanjikan sebagai *sensitizer* alami DSSC karena tidak hanya unggul dalam kapasitas menangkap cahaya, tetapi juga efisien karena hanya membutuhkan energi eksitasi elektron yang relatif rendah.

4. SIMPULAN DAN SARAN/CONCLUSION

4.1 Simpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi tingkat pengenceran pada ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik absorbansi UV-Vis dan besaran nilai *optical band gap* (E_g) sebagai kandidat *dye* alami pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Hasil karakterisasi optik membuktikan bahwa seluruh variasi sampel secara konsisten membentuk puncak absorbansi di area panjang gelombang 557–573 nm, yang sekaligus mengonfirmasi keberadaan senyawa aktif pigmen antosianin. Selain itu, tren penurunan nilai absorbansi yang sejalan dengan semakin tingginya rasio pengenceran larutan telah memvalidasi keakuratan prinsip Hukum Beer-Lambert dalam sistem larutan organik ini.

Secara kuantitatif, formulasi pengenceran 1:5 memang menorehkan angka absorbansi puncak tertinggi mencapai 2,9974, sementara pengenceran paling ekstrem (1:20) merosot hingga titik terendah sebesar 0,8995. Kendati demikian, variasi pengenceran 1:10 menunjukkan karakteristik optik yang paling potensial sebagai kandidat *sensitizer* alami DSSC berdasarkan hasil absorbansi UV-Vis dan estimasi *optical band gap*. Pilihan ini didasarkan pada kemampuan sampel 1:10 dalam mempertahankan intensitas serapan cahaya yang tetap tinggi, sekaligus berhasil mencatatkan nilai celah pita energi (*band gap*) paling minimum, yaitu sebesar 1,891 eV. Sempitnya nilai *band gap* ini mengindikasikan bahwa ambang energi yang diperlukan elektron untuk mengalami eksitasi menjadi jauh lebih efisien, sehingga berpotensi besar dalam mengoptimalkan konversi energi foton di dalam sistem sel surya. Dengan demikian, pengondisian ekstrak bunga telang pada rasio pengenceran 1:10 dinilai memiliki prospek terbaik sebagai *sensitizer* alami karena berhasil menawarkan titik temu yang seimbang antara performa daya serap optik dan efisiensi transisi elektron.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil temuan dan keterbatasan dalam eksperimen ini, beberapa poin krusial sangat direkomendasikan untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian ke depan disarankan untuk melangkah ke tahap perakitan dan pengujian performa sistem DSSC secara langsung melalui pengukuran parameter elektrik riil, seperti arus (I), tegangan (V), serta efisiensi konversi energi total (η) dengan memanfaatkan ekstrak bunga telang pada kondisi pengenceran optimum (rasio 1:10). Kedua, perlu dilakukan kajian mendalam mengenai tingkat stabilitas fotokimia dan termal dari *dye* alami ini terhadap variasi durasi penyimpanan serta ketahanannya di bawah paparan cahaya matahari langsung (*light-soaking test*) guna memetakan masa pakai (*lifetime*) komponen saat diaplikasikan. Terakhir, rekayasa lebih



lanjut juga dapat diarahkan pada eksplorasi variasi kombinasi jenis pelarut baru, penggunaan metode ekstraksi modern, hingga teknik pencampuran (*co-sensitization*) antara pigmen bunga telang dengan sumber pewarna alami dari tumbuhan lain, yang dinilai berpotensi besar untuk memperlebar spektrum serapan optik sekaligus mendongkrak efisiensi konversi energi sistem DSSC secara keseluruhan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya, serta kepada pihak UPA Laboratorium Terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas fasilitas yang diberikan selama pengujian. Apresiasi juga ditujukan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan hingga penelitian serta penyusunan artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCES

- Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D., & Gonzalez De Mejia, E. (2017). Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 180–198. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12244>
- Dolgonos, A., Mason, T. O., & Poeppelmeier, K. R. (2016). Direct optical band gap measurement in polycrystalline semiconductors: A critical look at the Tauc method. *Journal of Solid State Chemistry*, 240, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2016.05.010>
- Douglas C., montgomery, Elizabeth A., P., & G. Geoffrey, vining. (2021). *INTRODUCTION TO LINEAR REGRESSION ANALYSIS*.
- Escobedo-Morales, A., Ruiz-López, I. I., Ruiz-Peralta, M. deL., Tepech-Carrillo, L., Sánchez-Cantú, M., & Moreno-Orea, J. E. (2019). Automated method for the determination of the band gap energy of pure and mixed powder samples using diffuse reflectance spectroscopy. *Heliyon*, 5(4), e01505. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01505>
- Grätzel, M. (2003). Dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 4(2), 145–153. [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1)
- Hagfeldt, A., Boschloo, G., Sun, L., Kloo, L., & Pettersson, H. (2010). Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Reviews*, 110(11), 6595–6663. <https://doi.org/10.1021/cr900356p>



- Hardeli, Zainul, R., & Isara, L. P. (2019). Preparation of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) using anthocyanin color dyes from jengkol shell (*Pithecellobium lobatum* Benth.) by the gallate acid copigmentation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185, 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012021>
- Kambili, A., Walker, A. B., Qiu, F., Fisher, A. C., Savin, A. D., & Peter, L. M. (2002). Electron transport in the dye sensitized nanocrystalline cell. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 14(1–2), 203–209. [https://doi.org/10.1016/S1386-9477\(02\)00384-3](https://doi.org/10.1016/S1386-9477(02)00384-3)
- Kumara, N. T. R. N., Lim, A., Lim, C. M., Petra, M. I., & Ekanayake, P. (2017). Recent progress and utilization of natural pigments in dye sensitized solar cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 301–317. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.075>
- Ma, W., Zhang, F., & Meng, S. (2014). *Atomic Scale Investigation of Dye Sensitized Solar Cells : Interface Structure and Dynamics*.
- Makula, P., Pacia, M., & Macyk, W. (2018). How To Correctly Determine the Band Gap Energy of Modified Semiconductor Photocatalysts Based on UV–Vis Spectra. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 9(23), 6814–6817. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.8b02892>
- Marpaung, A., & Paramaputri, A. (2023). UV-visible light spectra of *Clitoria ternatea* L. flower extract during aqueous extraction and storage. *International Food Research Journal*, 30(3), 764–773. <https://doi.org/10.47836/ifrj.30.3.18>
- Nazeeruddin, Md. K., Baranoff, E., & Grätzel, M. (2011). Dye-sensitized solar cells: A brief overview. *Solar Energy*, 85(6), 1172–1178. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.01.018>
- Purwaniati, P., Arif, A. R., & Yuliantini, A. (2020). ANALISIS KADAR ANTOSIANIN TOTAL PADA SEDIAAN BUNGA TELANG (*Clitoria ternatea*) DENGAN METODE pH DIFERENSIAL MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI VISIBLE. *Jurnal Farmagazine*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.47653/farm.v7i1.157>



- Putri, F. M., & Ningsih, S. K. W. (2025). *ANALISIS SPEKTROFOTOMETRI EKSTRAK BUNGA TELANG (Clitoria ternarea L.) BERDASARKAN VARIASI WAKTU MASERASI SEBAGAI KANDIDAT SENSITIZER PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)*. 07(02).
- Roviqoh, A., & Kusumawati, N. (2022). *Optimasi pH Kombinasi Ekstrak Bunga Telang (Clitoria ternatea) dan Daun Pisang Kering (Musa acuminata) sebagai Natural Dye Sensitizer pada Rangkaian DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)*.
- Sawhney, N., Raghav, A., & Satapathi, S. (2017). Utilization of Naturally Occurring Dyes as Sensitizers in Dye Sensitized Solar Cells. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 7(2), 539–544.
<https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2016.2639343>
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (1992). *Principles of Instrumental Analysis* (6 th end). Fort Worth : Saunders College Pub.
- Suryana, M. R. (2021). EKSTRAKSI ANTOSIANIN PADA BUNGA TELANG (CLITORIA TERNATEA L.): SEBUAH ULASAN. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(2), 45–50.
<https://doi.org/10.23969/pftj.v8i2.4049>
- Tauc, J., Grigorovici, R., & Vancu, A. (1966). Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous Germanium. *Physica Status Solidi (b)*, 15(2), 627–637. <https://doi.org/10.1002/pssb.19660150224>
- Wei, D. (2010). Dye Sensitized Solar Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(3), 1103–1113.
<https://doi.org/10.3390/ijms11031103>

7. PROFIL SINGKAT/ AUTHOR PROFILE

Nadia Astriyani lahir di Jakarta pada tanggal 30 Januari 2004. Saat ini, penulis merupakan mahasiswa aktif yang sedang menempuh pendidikan Strata 1 (S1) di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sejak tahun 2022. Dalam aktivitas akademiknya, penulis fokus dan menaruh minat besar pada bidang riset fisika, khususnya dalam pengembangan dan penelitian fisika material.