

PEMBUATAN *DYE* (Zat warna) BERBAHAN DASAR KUBIS MERAH (*Brassica Oleracea L.*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MASERASI

Wardah Nabila Putri^{1*}, Sherly Kasuma Warda Ningsih²

^{1,2}Universitas Negeri Padang, Jalan Prof. Dr.Hamka, Air Tawar Barat, kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25173

*E-mail: Sherly14@fmipa.unp.ac.id

Riwayat Article

Received: 31 August 2025; Received in Revision: 25 September 2025; Accepted: 26 September 2025

Abstract

The use of expensive and rare synthetic dyes in the manufacture of DSSC can be overcome by replacing them with natural dyes derived from red cabbage. *Dyes* or (*dye*) function as compounds that absorb sunlight. This study aims to explore the characteristics of anthocyanin pigments extracted from natural materials, namely red cabbage (*Brassica oleracea*) as dye-sensitizers in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) type solar cells. The method used in this study is the maceration method using 70% methanol solvent. Anthocyanin pigments are based on their extraordinary ability to absorb light in a wide spectrum, are environmentally friendly, and are abundantly available in nature. Dye extraction uses 70% ethanol solvent and characterization is carried out using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and UV-Visible (UV-Vis). Through FTIR analysis, the functional groups contained in red cabbage extract are –OH, C-H alkane, N₃, C=C aromatic, CH₃, and C-O. Furthermore, UV-Vis analysis showed an absorption peak at 550 nm. These two results demonstrate that natural anthocyanin dyes can be used as effective and environmentally friendly natural *dye-sensitizers* for DSSC applications.

Keywords: Anthocyanin, DSSC, Dye, Red Cabbage, FTIR and Uv-Vis

Abstrak

Penggunaan pewarna sintesis yang mahal dan langka dalam pembuatan DSSC dapat diatasi dengan menggantikannya menggunakan pewarna alami yang berasal dari kubis merah. Pewarna atau (*dye*) berfungsi sebagai senyawa yang menyerap cahaya matahari. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik pigmen antosianin yang di ekstrak dengan bahan alam yaitu kubis merah (*Brassica oleracea*) sebagai *dye – sensitizer* pada sel surya jenis *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode maserasi dengan menggunakan pelarut metanol 70%. Pigmen antosianin didasarkan pada kemampuan yang luar biasa dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang luas, bersifat ramah terhadap lingkungan, dan ketersediannya melimpah di alam. Ekstraksi pewarna menggunakan pelarut etanol 70% dan karakterisasi dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *UV-Visible* (UV-Vis). Melalui analisis FTIR, gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak kol merah yaitu –OH, C-H alkana, N₃, C=C aromatik, CH₃, dan C-O. Selanjutnya analisis UV- Vis menunjukkan puncak serapan 550 nm. Kedua hasil ini membuktikan bahwa pewarna antosianin alami dapat digunakan sebagai *dye- sensitizer* alami yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengaplikasian DSSC.

Keywords: Antosianin, DSSC, dye, kubis merah, FTIR dan Uv-Vis

1. Introduction

Pada perkembangan globalisasi saat ini diperlukan upaya untuk pemenuhan kebutuhan energi global, sumber energi terbarukan semakin menjadi fokus pengembangan dunia. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah sel surya, yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi utama. Sel surya berperan utama untuk teknologi energi terbarukan lainnya karena ketersediaan sinar matahari yang melimpah, serta kemampuan teknologi ini untuk diintegrasikan dalam berbagai skala, mulai dari perangkat portabel hingga pembangkit listrik skala besar. Sel surya yang saat ini terus dikembangkan adalah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC), yang menawarkan solusi energi murah, efisien, dan berkelanjutan (Ardianto, Nugroho, and Sutan 2015).

DSSC didefinisikan sebagai teknologi sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan Dye sebagai

sensitizer untuk menyerap cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik melalui mekanisme transfer elektron pada lapisan semikonduktor (Chandra Sil et al. 2020). DSSC memiliki keunggulan dibandingkan sel surya berbasis silikon karena biaya yang rendah dan kemampuannya untuk bekerja pada kondisi pencahayaan rendah (Etafa Tasisa et al. 2024). Selain itu, penelitian ini menjelaskan bahwa DSSC mendukung prinsip keberlanjutan karena dapat memanfaatkan bahan alami sebagai *sensitizer*, sehingga ramah lingkungan dan mudah diintegrasikan dalam berbagai aplikasi (Dhorkule et al. 2024)

Komponen utama dalam DSSC terdiri dari fotoanoda (TiO_2/ZnO), zat warna (*Dye*), dan elektrolit. Pasta TiO_2 berfungsi sebagai lapisan semikonduktor yang mendukung transfer elektron dari zat warna ke elektrolit. Zat warna atau *dye*, berfungsi menangkap sinar matahari untuk menciptakan elektron yang selanjutnya disalurkan ke semikonduktor titanium dioksida (TiO_2) (Francis, O.I. and Ikenna 2021). Walaupun kompleks ruthenium sering di pakai sebagai *dye-sensitizer*, penggunaannya terbatas karena biayanya yang tinggi dan berisi logam berat sehingga berbahaya bagi lingkungan jika dilihat dari sudut pandang ekologi. sehingga zat untuk *dye-sensitized* di gantikan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah yaitu antosianin. Antosianin dipilih karena kemampuannya menyerap spektrum cahaya matahari secara luas, yaitu pada rentang warna biru, biru kehijauan, merah, dan hijau muda. Antosianin dipilih karena sifatnya yang mudah terurai oleh cahaya dan mikroba, dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Kim et al. 2022).

Dalam pengembangan DSSC penggunaan zat warna alami (*natural dye*) semakin mendapat perhatian sebagai alternatif ramah lingkungan dan lebih murah dibandingkan dengan zat warna sintesis. Zat warna alami ini diperoleh dari berbagai sumber bahan alam, seperti tanaman dan buah-buahan, yang memiliki pigmen-pigmen yang menyerap cahaya dengan efisien. Salah satu metode untuk memperoleh zat warna adalah dengan menggunakan teknik maserasi, dimana bahan alami seperti bunga, daun, atau buah dihancurkan dan dicampurkan dengan pelarut untuk mendapatkan pigmen yang terkandung di dalamnya (Lianza, Marincich, and Antognoni 2022)

Pigmen antosianin yang secara alami terdapat dalam bahan alam seperti bunga, buah-buahan, dan daun telah menjadi subjek penelitian luas karena kemampuannya untuk menyerap cahaya dalam spektrum yang luas. Antosianin memiliki struktur molekul yang mengandung efisiensi transfer energi dalam DSSC (Mariotti et al. 2020) Keunggulan lain dari pigmen ini adalah sifatnya yang biodegradable, tidak beracun, dan melimpah di alam, menjadikannya pilihan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan *Dye-sensitized* sintesis yang mahal dan berpotensi merusak lingkungan (Mejica 2022). Meskipun potensi pigmen antosianin sudah banyak diteliti, karakteristik spesifik dari sumber bahan alam yang berbeda dan efektivitas pelarut dalam proses ekstraksi belum sepenuhnya dipahami. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pigmen alami dapat digunakan sebagai alternatif *Dye-sensitizer* untuk DSSC (Sova and Setiarso 2021).

Analisis seperti fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) dan UV-Visible Spectroscopy (UV-Vis) dapat memberikan gambaran lebih jelas tentang kandungan gugus fungsi dan kemampuan penyerapan pigmen ini. Selain itu, evaluasi kompatibilitas antara pigmen dan lapisan TiO_2 pada DSSC menjadi langkah penting untuk mengoptimalkan efisiensi konversi energi. *Dye* alami ini memiliki keunggulan yaitu alternatif yang tidak toksik, dapat diperbarui, dan mudah didegradasi sehingga ramah untuk lingkungan.

2. Methodology

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu kubis merah (*Brassica Oleracea*), pelarut yang digunakan yaitu etanol 70 %.

2.2 Alat

Alat yang digunakan yaitu oven untuk mengeringkan kubis merah dengan suhu 55°C , neraca analitik digunakan untuk menimbang sampel, kertas saring, gelas beaker 100 ml untuk melakukan proses ekstraksi maserasi perendaman sampel, batang pengaduk, ayakan mesh dan labu ukur 50ml untuk membuat deret.

2.3 Ekstraksi Dye

Proses ekstraksi *dye* dilakukan dengan teknik maserasi sederhana seperti yang sudah oleh (Yuliasari). Larutan pewarna alami dibuat dari ekstrak kubis merah (*Brassica Oleracea* L.). kubis

merah dicuci bersih terlebih dahulu, kemudian di potong kecil-kecil selanjutnya di oven pada suhu 55°C. Selanjutnya kubis merah di blender hingga halus dan di saring menggunakan ayakan kemudian di timbang sebanyak 10 gr dan dilarutkan dengan pelarut 50 ml etanol 70% dilanjutkan proses maserasi 72 jam pada tempat tertutup hingga di peroleh ekstrak warna. setelah itu, larutan hasil dari proses maserasi di saring menggunakan kertas saring untuk menghilangkan residu. UV-Vis digunakan untuk melihat kemampuan nilai puncak maksimum dan pengujian FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat dalam kubis merah (*Brassica Oleracea L*) (Yuliasari 2024).



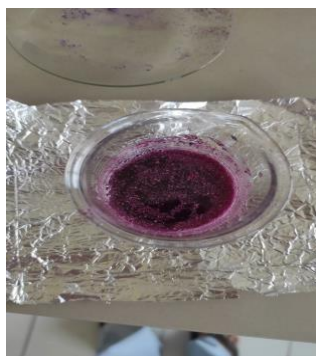
Potongan Kol Merah



Serbuk Kol Merah



Penimbangan Kol



Perendaman Kol Merah



Penyaringan Kol



Ekstrak Pekat

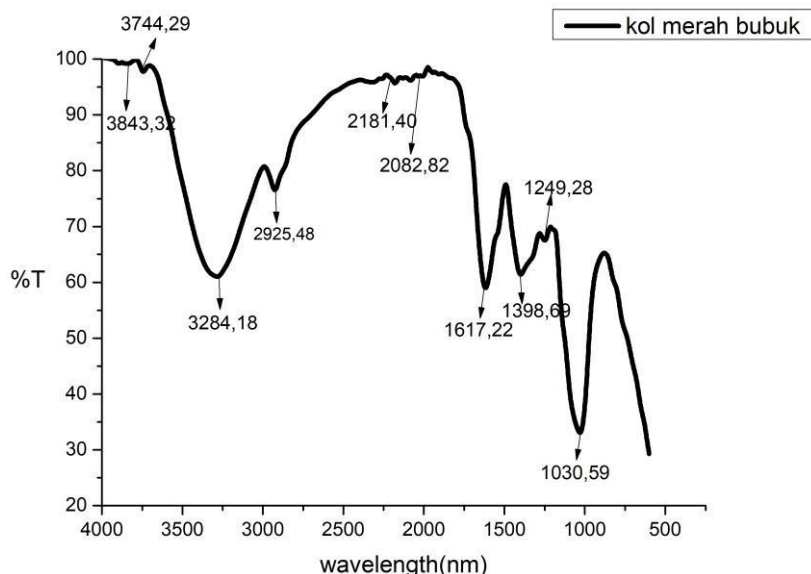
Gambar 1. Preses maserasi pada kol merah

3. Results and Discussion

3.1. Karakterisasi dengan FTIR

Spektroskopi FTIR adalah metode untuk mendapatkan spektrum inframerah. Dalam proses ini, jika frekuensi radiasi inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa tertentu dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. pada spektroskopi FTIR, serapan yang terjadi menghasilkan spektra grafik dimana sumbu vertikalnya merepresentasikan transmittan (%) yang mengalami perubahan pada setiap frekuensi radiasi inframerah (Anggraini, Haris, and Widodo 2010).

Pengujian FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi ikatan kimia dalam serbuk kol merah, dilakukan pengujian FTIR. Puncak-puncak yang muncul dari spektrum IR mengindikasikan ikatan kimia tertentu, seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 2. Spektrum FTIR ekstraksi dye kubis merah

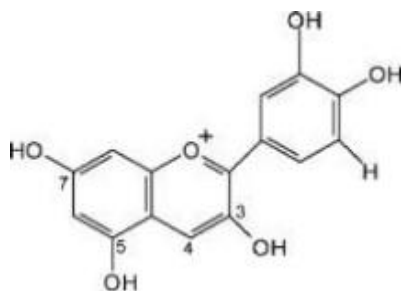
Hasil interpretasi data spektrum IR dari serbuk kol merah seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

NO.	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang secara teoritik	Hasil FTIR
1.	-OH	4000 - 3600	3843,32
2.	-OH	4000 - 3600	3744,29
3.	-OH	3600 - 3200	3284,18
4.	C - H alkana	3000 - 2800	2925,48
5.	N3	2300 - 2000	2181,40
6.	N3	2300 - 2000	2082,82
7.	C = C aromatik	1680 - 1600	1617,22
8.	- CH3	1400 - 1325	1398,69
9.	C - O	1300 - 1000	1249,28
10	C - O	1300 - 1000	1030, 59

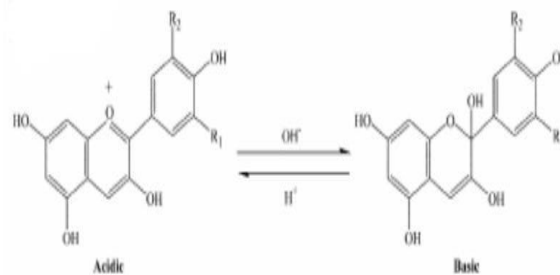
Hasil interpretasi data tersebut memiliki kesesuaian pada tulisan jurnal (Joan N. Wekoye and , Phanice T. Wangila 2020). Adanya karakteristik serapan yang khas pada spektrum FTIR menggambarkan bahwa serbuk kol merah memiliki gugus hidroksi dan gugus aromatik dimana serapan gugus fungsi tersebut sesuai dengan serapan khas antosianin dalam ekstrak kol merah yang di paparkan oleh (Wanyonyi, Onyari, and Shiundu 2014).

Berdasarkan interpretasi data spektrum IR puncak dengan bilangan gelombang 3843, 32 cm⁻¹ menunjukkan munculnya gugus -OH nilai ini lebih tinggi dari pada rentang umum hal ini memungkinkan O-H strechig dengan intensitas kuat, sedang, lemah serta terisolasi dalam lingkungan tertentu yang menyebabkan pergeseran frekuensi. Bilangan gelombang 3744,29 cm⁻¹ menunjukkan terjadinya vibrasi ulu (*stretching vibration*) ikatan O-H yang disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen antarmolekul.

Berdasarkan hasil analisis, ada beberapa gugus fungsi yang teridentifikasi dalam sampel, ikatan C-H alkana pada bilangan gelombang 2800-3000 cm⁻¹ terindikasi adanya ikatan kovalen tunggal C-H dari gugus alkana. Puncak serapannya ditandai adanya intensitas lemah dan pita tajam. Ikatan C=C Aromatik terdapat kemiripan gugus fungsi dengan ikatan rangkap dua C=C aromatik yang beresonansi, yang terlihat pada bilangan gelombang 1600-1680 cm⁻¹. Ikatan eter C-O-C ikatan kovalen tunggal dari gugus eter yng terdapat pada rentang bilangan gelombang 1000-1300 cm⁻¹.



Gambar 3. Struktur Antosianin
and Jin 2015)

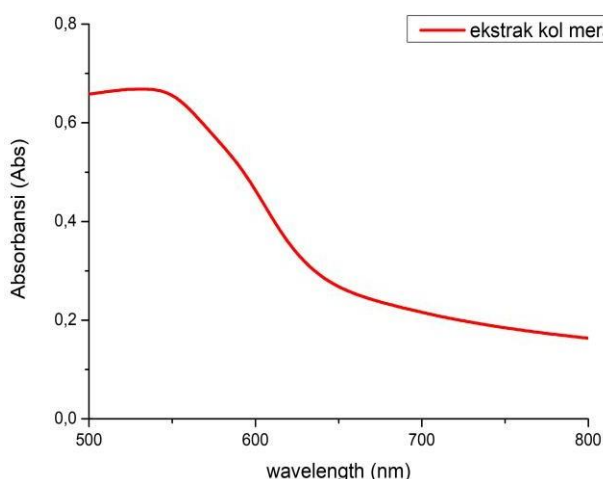


Gambar 4. struktur kimia antosianin asam basa (Lee
(Best and Guidelines 2011)

Berdasarkan hasil FTIR dapat disimpulkan bahwa serbuk kol merah mengandung antosianin, akan tetapi spektrum FTIR yang diperoleh juga menunjukkan adanya serapan dari senyawa lain yang teramati, sehingga penyerapan gugus fungsi senyawa selain antosianin masih tampak.

3.2. Karakterisasi UV-Vis

Pengujian absorbansi dye antosianin dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 185-1100 nm untuk mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik spektrum serapan dari pigmen antosianin. Pigmen ini dikenal sebagai salah satu jenis dye natural yang memiliki kemampuan menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang 450-580 nm (Saha S, Singh J, Paul A, Sarkar R, Khan Z 2020).



Gambar 5. Spektrum absorbansi UV-Vis kubis merah

Gambar 2 menunjukkan hasil karakterisasi spektrum absorbansi dye antosianin ekstrak kol merah. Gambar tersebut terlihat bahwa serapan cahaya berada pada rentang panjang gelombang 450 nm – 580 nm dengan panjang gelombang maksimum 550 nm. Data tersebut diketahui bahwa kol merah terbukti memiliki daya absorb pada rentang gelombang cahaya tampak. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang melaporkan bahwa nilai absorbansi dye antosianin ekstrak kol merah dapat menangkap spektrum cahaya pada rentang 450 nm- 570 nm dan memenuhi syarat penyerap cahaya matahari (Pratiwi, Suryana, and Nuryoshid 2016).

4. Conclusion

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pigmen antosianin yang diekstrak dari kubis merah memiliki karakteristik yang menjanjikan untuk digunakan sebagai dye-sensitizer pada sel surya DSSC. Analisis FTIR mengidentifikasi adanya gugus fungsi O-H, C-H, C-O C=C, CH₃, N₃ yang mengandung pigmen antosianin, analisis UV-Vis menunjukkan bahwa pigmen ini mampu menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang 550 nm.

References

- Anggraini, Laila Ika, Abdul Haris, and Didik Setiyo Widodo. 2010. "Pembuatan Dye-Sensitized Solar Cell Dengan Memanfaatkan Fotosensitizer Ekstrak Kol Merah (*Brassica Oleracea* Var. *Capitata* f. *Rubra*)."
Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13(3): 101–8. doi:10.14710/jksa.13.3.101-108.
- Ardianto, R, W A Nugroho, and S M Sutan. 2015. "... Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat Dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis* Sp. Sebagai Dye Sensitizer Dengan"
Journal of Tropical Agricultural
<https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/332%0Ahttps://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/download/332/263>.
- Best, European, and Practice Guidelines. 2011. "BAB I PENDAHULUAN A . Latar Belakang Penelitian." : 1–10.
- Chandra Sil, Manik, Li Syuan Chen, Chin Wei Lai, Yu Hsin Lee, Cheng Chung Chang, and Chih Ming Chen. 2020. "Enhancement of Power Conversion Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells for Indoor Applications by Using a Highly Responsive Organic Dye and Tailoring the Thickness of Photoactive Layer."
Journal of Power Sources 479. doi:10.1016/j.jpowsour.2020.229095.
- Dhorkule, Monika R., Prasad Y. Lamrood, Sachin D. Ralegankar, Shashikant P. Patole, Snehal S. Wagh, and Habib M. Pathan. 2024. "Unveiling the Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells: A Journey from Synthetic to Natural Dyes."
ES Food and Agroforestry 16. doi:10.30919/esfaf1086.
- Etafa Tasisa, Yonas, Tridib Kumar Sarma, Ramaswamy Krishnaraj, and Suryakamal Sarma. 2024. "Band Gap Engineering of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles Prepared via Green Route and Its Visible Light Driven for Environmental Remediation."
Results in Chemistry 11. doi:10.1016/j.rechem.2024.101850.
- Francis, O.I. and Ikenna, A. 2021. "„Review of Dye-Sensitized Solar Cell (DSSCs) Development“, Natural Science,."
Review of Dye-Sensitized Solar Cell (DSSCs) Development.
- Joan N. Wekoye, Wycliffe C. Wanyonyi *, and Mathew K. Tonui , Phanice T. Wangila. 2020. "Kinetic and Equilibrium Studies of Congo Red Dye Adsorption on Cabbage Waste Powder."
Kinetic and equilibrium studies of Congo red dye adsorption on cabbage waste powder.
- Kim, Ji Hye, Dong Hyuk Kim, Ju Hee So, and Hyung Jun Koo. 2022. "Toward Eco-Friendly Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs): Natural Dyes and Aqueous Electrolytes."
Energies 15(1). doi:10.3390/en15010219.
- Lee, J. Michelle, and Moonsoo Jin. 2015. "The Role of Glucosides on the Thermal Stability of Color Produced by Anthocyanins from Red Cabbage."
Food Engineering Progress 19(2): 172–76. doi:10.13050/foodengprog.2015.19.2.172.
- Lianza, Mariacaterina, Lorenzo Marincich, and Fabiana Antognoni. 2022. "The Greening of Anthocyanins: Eco-Friendly Techniques for Their Recovery from Agri-Food By-Products."
Antioxidants 11(11). doi:10.3390/antiox11112169.
- Mariotti, Nicole, Matteo Bonomo, Lucia Fagiolari, Nadia Barbero, Claudio Gerbaldi, Federico Bella, and Claudia Barolo. 2020. "Recent Advances in Eco-Friendly and Cost-Effective Materials towards Sustainable Dye-Sensitized Solar Cells."
Green Chemistry 22(21): 7168– 7218. doi:10.1039/d0gc01148g.
- Mejica, G.F.C. et al. 2022. "Anthocyanin Pigment_based Dye-Sensitized Solar Cells with Improved PH-Dependent Photovoltaic Properties", Sustainable Energy Technologies and Assessments."
Anthocyanin pigment_based dye-sensitized solar cells with improved pH- dependent photovoltaic properties", Sustainable Energy Technologies and Assessments.
- Pratiwi, Dinasti Dwi, Risa Suryana, and Fahru Nuryoshid. 2016. "Pemanfaatan Antosianin Dari Ekstrak Kol Merah (*Brassica Oleracea* Var) Sebagai Pewarna Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)."
Indonesian Journal of Applied Physics 6(01): 6. doi:10.13057/ijap.v6i01.1790.
- Saha S, Singh J, Paul A, Sarkar R, Khan Z, Banerjee K. 2020. "Anthocyanin Profiling Using UV- Vis Spectroscopy and Liquid Chromatography Mass Spectrometry."
Anthocyanin Profiling Using UV-Vis Spectroscopy and Liquid Chromatography Mass Spectrometry.
- Sova, Rimbi Rodiyana, and Pirim Setiarso. 2021. "Studi Elektrokimia Klorofil Dan Antosianin

Sebagai Fotosensitizer DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell)." *Unesa Journal of Chemistry* 10(2): 191–99. doi:10.26740/ujc.v10n2.p191-199.

Wanyonyi, Wycliffe Chisutia, John Mmari Onyari, and Paul Mwanza Shiundu. 2014. "Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solutions Using Roots of *Eichhornia Crassipes*: Kinetic and Equilibrium Studies." *Energy Procedia* 50: 862–69. doi:10.1016/j.egypro.2014.06.105.

Yuliasari, F. et al. 2024. "Fabrication of Dye- Sensitized Solar Cells with Natural Dye Pigments Derived from Mustard Green (*Brassica Juncea* L)." *Fabrication of Dye- Sensitized Solar Cells with Natural Dye Pigments Derived from Mustard Green (Brassica Juncea L)*.