

IDENTIFIKASI PIGMEN KLOROFIL DAN CELAH ENERGI PADA DAUN CINCAU (*CYCLEA BARBATA*) SEBAGAI FOTOSENSITIZER ALAMI UNTUK APLIKASI DSSC

Ismail Saleh¹, Wa Ode Nirwana Sari Halidun^{*2}

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Halu Oleo

^{*2}Jurusan Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Halu Oleo

e-mail^{*2}: wd.nirwanasari@uho.ac.id

Diterima 24 Februari 2022

Disetujui 27 April 2022

Dipublikasikan 10 Mei 2022

<https://doi.org/10.33369/jkf.5.1.31-36>

ABSTRAK

Klorofil merupakan pigmen berwarna hijau yang terdapat pada tumbuhan atau daun yang berwarna hijau. Pigmen klorofil berfungsi menyerap energi cahaya dan mengkonversi energi cahaya tersebut menjadi energi kimia. Selain itu, klorofil juga dapat mentransfer elektron, sehingga pigmen ini dapat digunakan sebagai fotosensitizer alami pada perangkat sel surya tersensitisasi *dye* (DSSC). Fotosensitizer alami memiliki beberapa kelebihan seperti harganya yang murah, jumlah berlimpah, ramah lingkungan, dan proses sintesis yang mudah. Tanaman cincau (*Cyclea barbata*) merupakan tanaman yang populer di Indonesia. Tanaman ini sering digunakan pada industri makanan, minuman, farmasi, dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pigmen klorofil dan besar celah energi pada daun *Cyclea barbata* yang akan diaplikasikan pada sel surya tersensitisasi *dye* (DSSC). Prosedur kerja dalam penelitian ini yaitu: (1) ekstraksi pigmen klorofil, (2) pemurnian pigmen klorofil, (3) karakterisasi pigmen klorofil, dan (4) penentuan besar celah energi pigmen klorofil. Pigmen klorofil daun *Cyclea barbata* diekstraksi menggunakan larutan etanol dengan perbandingan 1:5 (volum/volum). Proses pemurnian pigmen dilakukan dengan teknik evaporasi pada suhu 30°- 40°C. Karakterisasi UV-Vis digunakan untuk mengetahui rentang penyerapan pigmen klorofil dan celah energi yang terdapat pada daun *Cyclea barbata*. Hasil penelitian menunjukkan rentang penyerapan pigmen daun *Cyclea barbata* terletak pada rentang panjang gelombang 402 nm dan 660 nm. Celah energi pigmen daun *Cyclea barbata* diperoleh sebesar 1,804 eV.

Kata kunci—klorofil, celah energi, fotosensitizer alami, DSSC.

ABSTRACT

Chlorophyll is a green pigment found in green-coloured plants or leaves. Chlorophyll pigment absorbs energy from light and convert it into chemical energy. Moreover, it can transfer electrons, so it can be used as a natural photosensitizer on dye-sensitized solar cell (DSSC) device. Natural photosensitizer has several advantages, such as its lower cost, abundant quantities, eco-friendly, and easy to synthesize. Grass jelly (*Cyclea barbata*) is a popular plant in Indonesia. The plant is often used in the food, beverage, and pharmaceutical industry. This research aimed to identify the chlorophyll pigment and gap energy from *Cyclea barbata* leaf which will be applied to dye-sensitized solar cell (DSSC). The procedures in this research were: (1) extracted the chlorophyll pigment, (2) purified the chlorophyll pigment, (3) characterized the chlorophyll pigment, and (4) determined the gap energy of the chlorophyll pigment. Chlorophyll pigment of *Cyclea barbata* leaf was extracted using ethanol solution with ratio 1:5 (v/v). Pigment purification process was held using evaporation technique at temperature of 30°-40°C. UV-Vis characterization was carried out to determine the range of chlorophyll pigment absorbance and gap energy of *Cyclea barbata* leaf. The result showed that the range of chlorophyll pigment absorbance lies in wavelength about 402 nm and 660 nm. The gap energy of chlorophyll pigment from *Cyclea barbata* leaf was obtained at 1,804 eV.

Keywords—chlorophyll, gap energy, natural photosensitizer, DSSC.

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya jumlah populasi manusia dan pertumbuhan ekonomi, maka kebutuhan energi juga akan semakin besar. Energi yang berasal dari fosil hewan dan tanaman purba saat ini masih mendominasi sebagai energi yang paling banyak diproduksi dan dikonsumsi, namun

karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui, maka suatu saat cadangan energi tersebut dapat habis. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian dan pengembangan yang mendalam pada energi-energi terbarukan sebagai energi alternatif.

Posisi negara Indonesia yang terletak pada daerah khatulistiwa, menjadikan energi yang berasal dari matahari menjadi potensi energi terbarukan yang sangat besar untuk dimanfaatkan. Potensi energi surya di Indonesia mencapai 207,8 GWp (1). Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari adalah menggunakan sel fotovoltaik atau sering disebut dengan sel surya. Sel surya tersensitisasi *dye* (*dye-sensitized solar cells*, DSSC) merupakan jenis sel surya yang memanfaatkan fotosensitizer sebagai penangkap cahaya dan pengkonversi energi cahaya menjadi elektron (2). Ruthenium (Ru) kompleks merupakan jenis fotosensitizer yang banyak digunakan pada industri DSSC dengan efisiensi tertinggi *solar cells* yang telah diperoleh adalah 11%-13% (3,4). Namun, fotosensitizer jenis ini memiliki beberapa kelemahan, yakni mahal (5,6) tidak ramah lingkungan, keberadaannya terbatas dan proses sintesis yang rumit (6,7).

Hasil ekstraksi pigmen alami yang berasal dari tanaman dapat digunakan sebagai fotosensitizer alami. Adapun kelebihan dari fotosensitizer alami yakni jumlahnya yang berlimpah, murah, ramah lingkungan dan mudah dalam proses sintesis (8). Pigmen karotenoid, antosianin, dan klorofil pada berbagai jenis tumbuhan telah berhasil diidentifikasi sebagai fotosensitizer alami pada DSSC (4).

Klorofil merupakan pigmen berwarna hijau yang banyak terdapat pada daun atau tumbuhan berwarna hijau. Pigmen ini berperan aktif dalam proses fotosintesis yang berfungsi menyerap cahaya, mengkonversi energi cahaya menjadi energi kimia dan mentransfer elektron (9). Sehingga klorofil dapat digunakan sebagai fotosensitizer alami. Selain itu, klorofil tidak mengandung logam berat, sehingga dapat digunakan sebagai fotosensitizer yang ramah lingkungan.

Bagi masyarakat Indonesia, tanaman cincau (*Cyclea barbata*) merupakan tanaman yang tidak asing dan sangat mudah ditemukan. Selain itu, daun cincau sering digunakan pada industri makanan, minuman, dan farmasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Septiawan dkk., penggunaan daun *Cyclea barbata* sebagai fotosensitizer alami pada DSSC telah memberikan efisiensi sebesar 0,0696% dengan menggunakan nanokomposit ZnO/TiO₂ sebagai semikonduktor (10). Namun, dalam penelitian tersebut tidak memberikan informasi tentang celah energi dari pigmen daun *Cyclea barbata*. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan identifikasi terhadap celah energi pigmen daun *Cyclea barbata* yang digunakan sebagai fotosensitizer alami pada sel surya tersensitisasi *dye* (DSSC).

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan, yaitu proses ekstraksi, proses pemurnian pigmen, karakterisasi absorpsi, dan penentuan celah energi pigmen daun *Cyclea barbata*.

2.1 Proses ekstraksi daun *Cyclea barbata*

Daun *Cyclea barbata* dibersihkan dengan menggunakan air mengalir, untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran seperti debu dan tanah, kemudian dipotong berukuran kecil dengan dimensi maksimal 2 cm × 2 cm. Daun *Cyclea barbata* kemudian dikeringkan selama 3 hari pada suhu ruang tanpa paparan sinar matahari. Selanjutnya daun *Cyclea barbata* dihaluskan menggunakan blender untuk memperoleh bubuk daun *Cyclea barbata*.

Daun *Cyclea barbata* diekstraksi dengan menggunakan metode maserasi. Metode maserasi dilakukan dengan cara perendaman daun *Cyclea barbata* dengan menggunakan larutan etanol (rasio 1:5 (volum/volum)) selama 3 hari dan disimpan di ruang gelap tanpa adanya radiasi pada suhu ruang (13).

2.2 Pemurnian pigmen daun *Cyclea barbata*

Larutan hasil ekstraksi pigmen daun *Cyclea barbata* disaring dengan menggunakan corong filter, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 4500 rpm selama 15 menit. Setelah itu, disaring kembali dengan menggunakan kertas *Whatman* berukuran 110 mm. Hal ini dilakukan untuk memisahkan larutan dari agregat sisa ekstraksi. Pemurnian pigmen dilakukan melalui proses evaporasi dengan menggunakan *hot plate* pada suhu 30°C – 40°C.

2.3 Karakterisasi absorpsi daun *Cyclea barbata*

Karakterisasi absorpsi pigmen daun *Cyclea barbata* dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Sampel larutan hasil ekstraksi yang diukur adalah sebanyak 0,75 gr pigmen daun yang telah dimurnikan kemudian dilarutkan ke dalam 15 ml etanol. Spesifikasi alat spektrofotometri UV-Vis yang digunakan adalah *Spectrophotometer Ultraviolet and Visible* (Hewlett Packard 8453 Agilent Technologies, Europe/British). Pengukuran dilakukan dengan panjang gelombang 190 nm - 1100 nm.

2.4 Penentuan celah energi pigmen daun *Cyclea barbata*

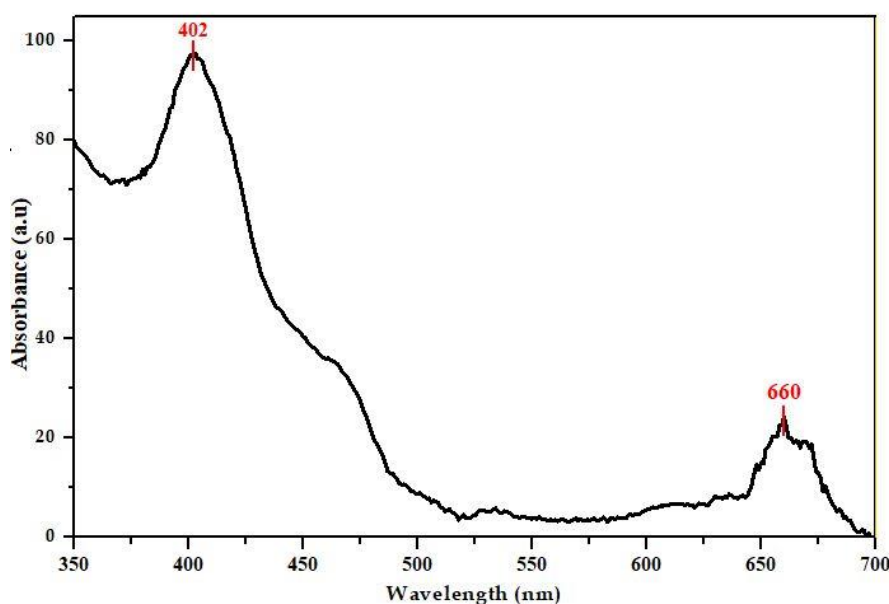
Penentuan celah energi pigmen dilakukan melalui penarikan garis lurus puncak *offset* absorpsi pigmen terhadap *corrected baseline* puncak absorpsi pigmen (14). Celah energi pigmen dapat ditentukan dengan persamaan:

$$E_g = \frac{1240}{\lambda_{offset}} \quad (1)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis absorpsi pigmen daun *Cyclea barbata*

Data absorpsi pigmen daun *Cyclea barbata* diperoleh menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400 nm sampai 700 nm.



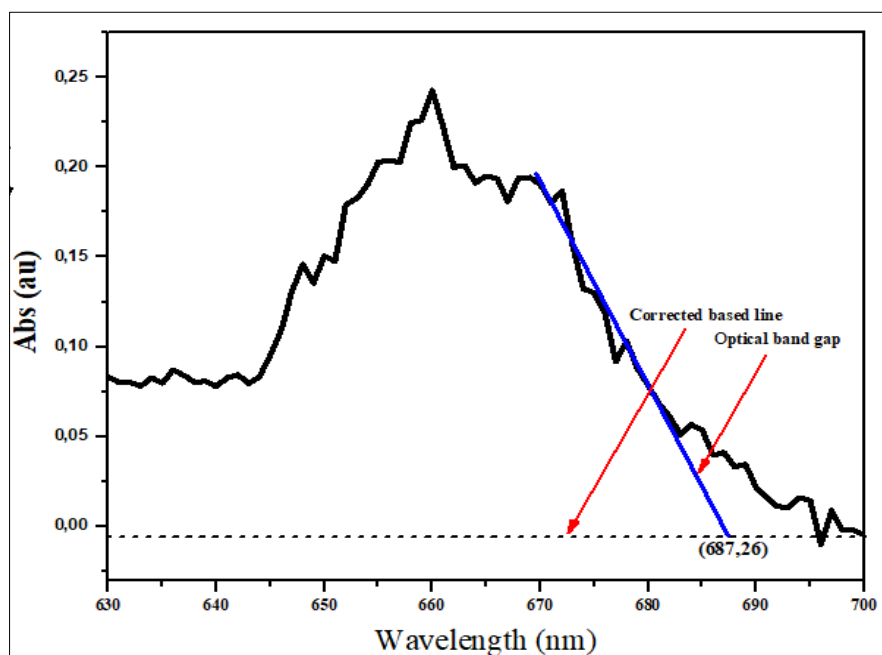
Gambar 1. Spektrum panjang gelombang pigmen klorofil pada daun *Cyclea barbata*

Gambar 1 menunjukkan hasil analisis absorpsi pigmen daun *Cyclea barbata* yang terletak pada rentang panjang gelombang 402 nm dan 660 nm. Data spektrum ini menunjukkan adanya kandungan pigmen klorofil. Pigmen klorofil terletak pada rentang panjang gelombang biru (~400 nm) dan panjang gelombang merah (~660 nm) (15). Pigmen klorofil memiliki dua jenis transisi elektronik yang berbeda, yakni pita Soret dan pita Q. Pita Soret terletak pada rentang panjang gelombang 400 nm – 450 nm yang memiliki intensitas penyerapan yang kuat, sedangkan pita Q (Q_x dan Q_y) terletak pada panjang gelombang 550 nm – 700 nm dengan intensitas penyerapan yang lemah. Perbedaan intensitas penyerapan pigmen klorofil ini akan sangat berkaitan dengan kemampuan pigmen klorofil dalam menangkap cahaya (16). Selain itu, perbedaan intensitas pada pita absorpsi pigmen klorofil akan mempengaruhi injeksi elektron dari fotosensitizer ke semikonduktor TiO_2 pada aplikasi DSSC (17). Semakin besar energi pita Q maka akan semakin besar pula kemampuan elektron terinjeksi ke semikonduktor.

3.2 Analisis celah energi pigmen daun *Cyclea barbata*

Nilai celah energi pigmen hasil ekstraksi daun *Cyclea barbata* diperoleh dari hasil analisis absorpsi UV-Vis. Penentuan celah energi diperoleh dari ekstrapolasi *onset* pucak absorpsi terhadap garis lurus yang ditarik secara horisontal sebagai *base line* spektrum absorpsi pigmen (14). Energi gap pigmen daun *Cyclea barbata* berdasarkan Gambar 2 diperoleh sebesar 1,804 eV.

Pigmen klorofil pada daun *Cyclea barbata* berfungsi menyerap foton cahaya dan proses eksitasi elektron dari level orbital HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) pada *ground state* ke level orbital LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) pada *excited state* (2). Celah energi pada pigmen daun *Cyclea barbata* merupakan besar energi celah yang terletak di antara dua level orbital HOMO dan LUMO. Celah energi akan mempengaruhi kemampuan injeksi elektron dari *ground state* ke *excited state* pada level orbital pigmen. Semakin besar celah energi, maka semakin sulit elektron tereksitasi. Elektron yang tereksitasi akan mempengaruhi regenerasi elektron pada sistem DSSC. Dengan demikian, celah energi yang kecil akan mengurangi proses rekombinasi elektron.



Gambar 2. Penentuan celah energi pigmen daun *Cyclea barbata*

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Pigmen klorofil pada daun *Cyclea barbata* dapat ditemui pada rentang panjang gelombang 402 nm dan 660 nm. Celah energi pigmen klorofil pada daun *Cyclea barbata* adalah 1,804 eV. Celah energi yang rendah ini dapat memudahkan elektron tereksitasi dari level energi HOMO ke level orbital LUMO sehingga proses regenerasi elektron pada sistem DSSC dapat berjalan.

4.2 Saran

Karakterisasi FTIR sangat diperlukan pada penelitian ini. Karakterisasi FTIR dapat digunakan untuk melihat gugus hidroksil dan karboksil pada pigmen serta dapat melihat ikatan antara pigmen dan semikonduktor pada sistem DSSC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas bantuan dana penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium AFM, Prodi Teknik Fisika ITB, karena telah membantu penulis dalam proses pelaksanaan

penelitian dan Kepala Laboratorium Kimia Analitik, Prodi Kimia ITB, yang telah membantu dalam proses karakterisasi UV-Vis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. Laporan Hasil Analisis Neraca Energi Nasional 2021. Jakarta; 2021.
2. Norasikin A.L., et.al. 2014. Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31 (2014) 386 – 396
3. Mathew S., Yella A., Gao P., Humphry-Baker R., Curchod B.F.E., Ashari-Astani N., Tavernelli I., Rothlisberger U., Nazeeruddin M.K., Gratzel M., Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers, *Nat. Chem.* 6 (2014) 242-247, <https://doi.org/10.1038/nchem.1861>.
4. Adedokun, O., Adedeji O. L., Bello I. T., Awodele, M. K., Awodugba, A. O., Fruit peels pigment extracts as a photosensitizer in ZnO-based Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Physics Impact* 2 (2021) 100039
5. Mohamad I.S., Ismail S.S., Norizan M.N., Murad S.A.Z., Abdullah M.M.A., ZnO photoanode effect on the efficiency performance of organic based dye sensitized solar cell 209 (2017) 012028.
6. Kumar V., Goudar H.Y., Kaladgi A.R., Madhusudhana, H.K., Buradi A., Afzal A., Saleel A., 2021. Preparation of dye (Bala gidida) for DSSC application. Article in Press. *Materials Today: Proceedings*.
7. Alhamed M., Issa A.S., Doubal W., Studying of natural dyes properties as photo-sensitizer for dye sensitized solar cells (DSSC) *Journal of electron Devices* 16 (11) (2012) 1370-1383.
8. Prima E.C., Qibtiya M.A., Yulianto B., Suyatman, Dipojono H.K., Influence of anthocyanin co-pigment on electron transport and performance in black rice dye-sensitized solar cells. *Ionics*. 2016. DOI 10.1007/s11581-016-1673-6
9. Prima E.C., Yulianto B., Suendo V., Suyatman, Improving photochemical properties of *Ipomea pescaprae*, *Imperata cylindrica* (L.) Beauv, and *Paspalum conjugatum* Berg as photosensitizers for dye sensitized solar cells. *J Mater Sci: Mater Electron* (2014) 25: 4603 – 4611.
10. Septiawan T.Y., Sumardiasih S., Obina W. M., Supriyanto A., Khairuddin, Cari C., The Increased of Photovoltaic Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Efficiency using Nanocomposite ZnO/TiO₂ with Natural Dye Leaves of Grass Jelly (*Cyclea barbata*). *AIP Conference Proceedings* 1868, 060010 (2017). Available from: <https://doi.org/10.1063/1.4995174>
11. Sari M., Tamrin, Kaban J., Alfian Z., A Novel Composite Membrane Pectin from *Cyclea Barbata* Miers blend with Chitosan for accelerated Wound Healing. *Polymer Testing* 99 (2021) 107207.
12. Kusmardiyani S., Insanu M., Asyhar M.A., Effect A Glycosidic Flavonol Isolated from Green Grass Jelly (*Cyclea barbata* Miers) Leaves. *Procedia Chemistry* 13 (2014) 194 -97.
13. Halidun, W.O.N.S., Prima E.C., Yulianto B., Suyatman, Fabrication dye sensitized solar cell (DSSC) using β -carotene pigment based natural dye. *MATEC Web of Conferences* 159, 02052 (2018), <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815902052>.

14. Schlaf R., Schroder P.G., Nelson M.W., Parkinson B.A., Merriitt C.D., Crisafulli L.A., Murata H., Kafafi Z.H., Determination of interface Dipole and Bending at The Ag/tris (8-hidroxyquinolinato) Gallium Organic Schottky Contact by Ultraviolet Photoemission Spectroscopy. *Surface Science* 450 (2000) 142 – 152.
15. Shanmugam V., Manoharan S., Sharafali A., Anandan S., Murugan R., Green grasses as light harvesters in dye sensitized solar cells. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 135 (2015) 947-952.
16. Adyaksa G.W.P., Prima E.C., Lee D.K., Ock I., Suyatman, Yulianto B., Kang J.K., A Light Harvesting Antenna Using Natural Extract Graminoids Coupled with Plasmonic Metal Nanoparticles for Bio-Photovoltaic Cells. *Adv. Energy Mater.* 2014. 1400470.
17. Calogero G., Citro I., Marco G. D., Minicante S.A., Morabito M., Genovese G., Brown seaweed pigment as a dye source for photoelectrochemical solar cells. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 117 (2014) 702-706.