

# Pengaruh Waktu Perendaman Zat Warna Poli Kuersetin terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

## *The Effect of Soaking Time for Poly Quercetin Dye on the Efficiency of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

Tiara Dwi Putri & Hardeli\*

Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Disumbit: 27 Juli 2024; Direview: 28 Juli 2024; Disetujui: 29 Juli 2024

\*Corresponding Email: [hardeli1@yahoo.com](mailto:hardeli1@yahoo.com)

### Abstrak

Kebutuhan listrik di Indonesia akan terus meningkat. Kondisi ini menuntut peningkatan kapasitas produksi listrik dari sumber energi baru terbarukan (EBT). Meningkatnya kebutuhan energi listrik menyebabkan penipisan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, mendorong peralihan ke sumber daya yang dapat diperbaharui, seperti energi matahari. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik yang dikenal sebagai sel surya. Sel surya generasi ketiga, yang dikenal sebagai DSSC, memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik menggunakan material organik. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi DSSC menggunakan zat warna yang dipolimerisasi dan doping semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan surfaktan CTAB dengan metode sonikasi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi optimum dengan variasi lama waktu perendaman zat warna dalam larutan polikuersetin, yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Karakterisasi menggunakan UV-DRS untuk melihat energi celah pita dari semikonduktor. Hasil penelitian didapatkan bahwa DSSC yang diuji kuat arus dan tegangannya dengan multimeter digital sehingga didapatkan efisiensi terendah 7,9% dengan lama 10 menit dan efisiensi optimum 19,3 % dengan lama waktu 30 menit.

**Kata Kunci:** Poli kuersetin; TiO<sub>2</sub>-CTAB; Waktu Perendaman

### Abstract

The demand for electricity in Indonesia will continue to increase. This condition requires an increase in electricity production capacity from new and renewable energy (NRE) sources. The rising demand for electrical energy leads to the depletion of non-renewable natural resources, driving the shift towards renewable resources such as solar energy. Solar energy can be converted into electrical energy known as solar cells. Third-generation solar cells, known as dye-sensitized solar cells (DSSCs), have the ability to generate electrical energy using organic materials. The objective of this research is to improve the efficiency of DSSCs by using polymerized dyes and doping the TiO<sub>2</sub> semiconductor with the surfactant CTAB using the sonication method. This research was conducted to achieve optimum efficiency with variations in the dye immersion time in the polyquercetin solution, specifically 10, 20, 30, 40, and 50 minutes. Characterization using UV-DRS was performed to observe the band gap energy of the semiconductor. The results of the study showed that the DSSC tested for current and voltage with a digital multimeter yielded the lowest efficiency of 7.9% with a 10-minute immersion time and an optimum efficiency of 19.3% with a 30-minute immersion time.

**Keywords:** Polyquercetin; TiO<sub>2</sub>-CTAB; Immersion Time

**How to Cite:** Putri, T.D. & Hardeli. (2024). Pengaruh Waktu Perendaman Zat Warna Poli Kuersetin terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Journal of Natural Sciences*. 5 (2): 104-112



## PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya populasi manusia, kebutuhan energi pun terus meningkat sehingga menimbulkan emisi gas rumah kaca. Hal ini mendorong para peneliti untuk mencari metode alternatif produksi energi (Kokkonen *et al.*, 2021). Kebutuhan listrik Indonesia akan mencapai 1.172 kWh/kapita pada tahun 2022 dan akan terus meningkat. Pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) membutuhkan kapasitas yang lebih tinggi (Kusdiana, 2023). Meningkatnya kebutuhan energi listrik menyebabkan menipisnya sumber daya alam tak terbarukan sehingga mendorong penggunaan sumber daya alam terbarukan yaitu energi surya (Fonda Maahury *et al.*, 2019).

Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik yang disebut dengan sel fotovoltaik atau juga dikenal sebagai sel surya (Putri, 2023). Sel surya berdasarkan bahan pembuatannya dibagi menjadi 2, yaitu menggunakan silikon dan dye sensitized solar cell (DSSC). Solar cell berbasis silikon yang telah diproduksi secara massal dan digunakan pada banyak aplikasi dengan efisiensi yang cukup tinggi yaitu 15-25%. Sedangkan dye sensitized solar cell sampai saat ini masih terus dikembangkan. DSSC memiliki komponen, utama yaitu fotoelektroda, semikonduktor, elektrolit, zat warna dan elektroda lawan (Anggraini *et al.*, 2021) Proses penyerapan cahaya matahari pada DSSC oleh zat warna menyebabkan elektron tereksitasi. Elektron yang tereksitasi diinjeksikan ke semikonduktor anorganik yaitu titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ).

Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik yang disebut dengan sel fotovoltaik atau juga dikenal sebagai sel surya (Putri, 2023). Sel surya berdasarkan bahan pembuatannya dibagi menjadi 2, yaitu menggunakan silikon dan dye sensitized solar cell (DSSC). Solar cell berbasis silikon yang telah diproduksi secara massal dan digunakan pada banyak aplikasi dengan efisiensi yang cukup tinggi yaitu 15-25%. Sedangkan dye sensitized solar cell sampai saat ini masih terus dikembangkan. DSSC memiliki komponen, utama yaitu fotoelektroda, semikonduktor, elektrolit, zat warna dan elektroda lawan (Anggraini *et al.*, 2021). Proses penyerapan cahaya matahari pada DSSC oleh zat warna menyebabkan elektron tereksitasi. Elektron yang tereksitasi diinjeksikan ke semikonduktor anorganik yaitu titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ).

Zat warna berfungsi untuk menyerap cahaya dan mengirim elektron ke pita konduksi semikonduktor. Banyaknya molekul zat warna yang diserap oleh lapisan  $\text{TiO}_2$  juga dapat memengaruhi kinerja DSSC. Banyaknya molekul zat warna yang diserap, semakin besar



penyerapan foton pada DSSC. Zat warna terbagi atas dua jenis, yaitu organik dan sintetis. Zat warna sintetis dapat menghasilkan efisiensi lebih dari 10%, namun kelemahannya adalah harganya lebih mahal dan berbahaya, sehingga penggunaan pewarna sintetis tidak disarankan. DSSC sering menggunakan zat warna organik seperti flavonoid, antosianin, beta-karoten, klorofil, tanin, dan kurkumin (Kishore Kumar et al., 2020). Pada penelitian ini menggunakan zat warna adalah kuersetin.

Waktu perendaman lapisan  $\text{TiO}_2$  pada elektroda kerja dalam larutan zat warna mempengaruhi jumlah molekul zat warna yang diserap (Pasunu *et al.*, 2017). Menurut penelitian (Fitriya 2014), waktu perendaman  $\text{TiO}_2$  juga memengaruhi kuat arus dan tegangan DSSC yang dihasilkan. Semakin lama perendaman, lebih banyak zat warna akan terserap oleh  $\text{TiO}_2$ , sehingga semakin banyak foton yang dapat diserap. Foton yang serta dapat menghasilkan kuat arus dan tegangan yang lebih besar selama  $\text{TiO}_2$  tidak larut (Fitriya *et al.*, 2014)

Penelitian perendaman zat warna pada DSSC sangat penting karena zat warna berperan kunci dalam menyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Selain itu, penggunaan zat warna alami atau organik dapat menurunkan biaya produksi dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan sintetis atau berbasis logam berat. Penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan daya tahan zat warna, memperluas spektrum cahaya yang dapat diserap.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dari Februari – April 2024 di Laboratorium Penelitian Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut: peralatan gelas, *magnetic stirrer*, sonikator, labu refluks, *ultrasonic cleaner*, oven, spatula, batang pengaduk, hot plate, *scotch tape*, *aluminium foil*, botol vial, timbangan analisis. Instrumen yang digunakan adalah UV-Vis DRS dan multimeter. Bahan-bahan pada penelitian ini adalah  $\text{TiO}_2$ , CTAB, etanol, kuersetin, HCL 36%, formaldehyde 37%, NaOH 1%, glutaraldehyde, aquabides, asetonitril, alkohol 70%, kaca ITO, polivinil alkohol (PVA), polietilen glikol (PEG),  $\text{I}_2$  (Iodine), KI (kalium iodide), lilin.



## PROSEDUR PENELITIAN

### 1. Polimerisasi Kuersetin

Masukkan 2,5gram kuersetin ke dalam labu refluks dan larutkan dalam 25 ml campuran HCl 36% dan formaldehida (HCHO 37%). Aduk campuran ini menggunakan magnetic stirrer dengan suhu 200°C selama 2 jam sampai terbentuk resin kuersetin-formaldehida. Resin yang terbentuk kemudian disaring dan dicuci dengan air suling (aquabidest) hingga pH stabil. Setelah pH stabil, oven resin selama 60 menit pada suhu 80°C. Ambil 0,25gram resin kuersetin-formaldehida dan larutkan dalam 25 ml NaOH 1%. Panaskan resin ini pada suhu 60-70°C sambil terus diaduk menggunakan magnetic stirrer. Tambahkan 2,5 ml glutaraldehida dan tingkatkan suhu pemanasan hingga 100°C dengan kecepatan pengadukan 1200 rpm selama 60 menit. Dinginkan resin yang dihasilkan hingga mencapai suhu ruang (37°C) (Putri, 2023).

### 2. Doping TiO<sub>2</sub> -CTAB

Timbang 0,475gram TiO<sub>2</sub> dan 0,025gram CTAB. Campurkan kedua bahan ini dalam 4 mL etanol p.a. Aduk campuran selama 60 menit hingga homogen dan terbentuk sol. Sonikasi sol TiO<sub>2</sub>-CTAB selama 60 menit. Setelah itu, oven pada suhu 95°C selama 15 menit. Sol TiO<sub>2</sub> yang didoping CTAB siap dilapisi ke substrat (Sanjaya, Hary, Pinta Rida, 2017).

### 3. Persiapan Kaca ITO

Potong kaca ITO menjadi ukuran 1,5 x 1,5 cm. Bersihkan kaca ITO dengan merendamnya dalam 200 mL alkohol 70% di dalam gelas kimia, kemudian masukkan ke ultrasonic cleaner selama 60 menit (Subriadi & Hardeli, 2023).

### 4. Preparasi Gel Elektrolit

Masukkan 0,498gram KI ke dalam gelas kimia dan tambahkan 6 mL asetonitril. Masukkan 0,076gram I<sub>2</sub> ke gelas kimia lain, lalu tambahkan 6 mL asetonitril. Campurkan kedua larutan tersebut dan tambahkan PEG sebanyak 2,4 gram sambil diaduk hingga terbentuk gel (Feronika & Hardeli, 2022).

### 5. Preparasi Counter Elektroda

Counter elektroda dibuat pada kaca ITO dengan melapisinya menggunakan karbon yang dihasilkan dari asap pembakaran lilin. Proses pelapisan karbon melibatkan pemanasan bagian konduktif kaca ITO dengan lilin hingga terbentuk lapisan hitam.

Lapisan karbon yang dihasilkan berukuran  $1 \times 1$  cm, dan dirapikan menggunakan cotton bud (Subriadi & Hardeli, 2023).

## 6. Perakitan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Pada kaca ITO, dibuat area berukuran  $1 \times 1$  cm menggunakan *stotch tape* pada bagian konduktif untuk mendeposisikan  $\text{TiO}_2$ -CTAB dengan menggunakan metode doctor blade. Lapisan  $\text{TiO}_2$ -CTAB direndam dalam larutan zat warna polikuersetin dengan variasi waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 menit, kemudian dibiarkan kering. Lapisan  $\text{TiO}_2$ -CTAB ditutup dengan counter elektroda karbon membentuk struktur sandwich dengan ujungnya dibuat offset sebesar 0,25 cm untuk kontak elektrik, dan satu sisi dijepit dengan binder clip. Teteskan 2 tetes elektrolit di antara kedua elektroda. DSSC siap untuk diuji tegangan dan hambatannya (Andari, 2017) (Fitriya et al., 2014).

### Analisis Data

DSSC yang sudah dirakit lalu diuji menggunakan multimeter digital untuk mengukur tegangan (volt) dan hambatan ( $k\Omega$ ). Dilakukan pengukuran variasi yang digunakan sehingga dapat diketahui pengaruh waktu perendaman semikonduktor terhadap efisiensi konversi energi DSSC. Kemampuan DSSC dalam mengkonversi foton menjadi energi listrik dapat dilihat dengan nilai efisiensi dari pengukuran hambatan dan tegangan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi } \eta \text{ 100\%} = \frac{P_{\max} \times I_{\max}}{P_{in} \times A} \times 100\%$$

$P_{\max}$  merupakan daya maksimum yang dikeluarkan dan  $P_{in}$  merupakan daya lampu. Untuk mengukur daya maksimum yang keluar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Arus } (I_{\max}) = \frac{V}{R} \text{ (Gong et al., 2017)}$$

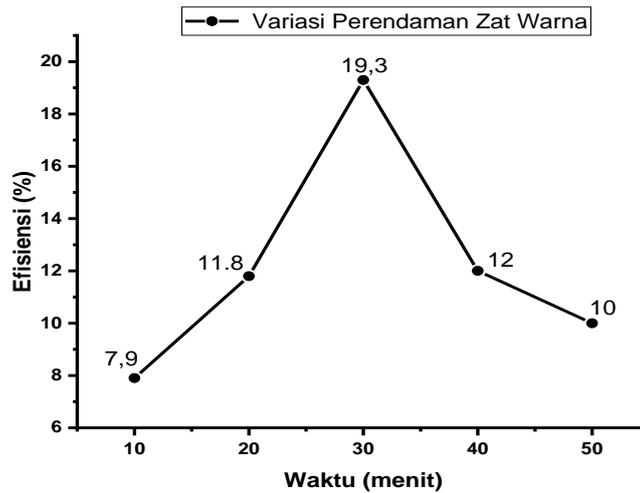
## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Dye Sensitized Sollar Cell* (DSSC) merupakan sel surya berbasis semikonduktor yang menggunakan prinsip foto elektrokimia yang dikembangkan sebagai alternatif energi baru terbarukan untuk menghasilkan energi listrik. Seperangkat DSSC merupakan satu kesatuan unit yang tersusun dari 5 komponen, yaitu kaca substrat, semikonduktor, zat warna, elektroda lawan, dan larutan elektrolit. Setiap komponen DSSC memiliki fungsi dan peran masing-masing untuk membantu mengoptimalkan performa dan efisiensi pada DSSC.



Tabel 1. Hasil Pengukuran dari Variasi Lama Waktu Perendaman Zat Warna

Sampel	Tegangan $V_{max}$ (Volt)	Hambatan R (k $\Omega$ )	Kuat Arus $I_{max}$ (Ampere)	Efisiensi Sel $\eta$ (100%)
10 menit	0,302 V	0,493 k $\Omega$	61,2 x 10 <sup>-5</sup> A	7,9 %
20 menit	0,370 V	0,480 k $\Omega$	77 x 10 <sup>-5</sup> A	11,8 %
30 menit	0,449 V	0,433 k $\Omega$	103,4 x 10 <sup>-5</sup> A	19,3 %
40 menit	0,366 V	0,461 k $\Omega$	79,3 x 10 <sup>-5</sup> A	12 %
50 menit	0,344 V	0,486 k $\Omega$	70,7 x 10 <sup>-5</sup> A	10 %



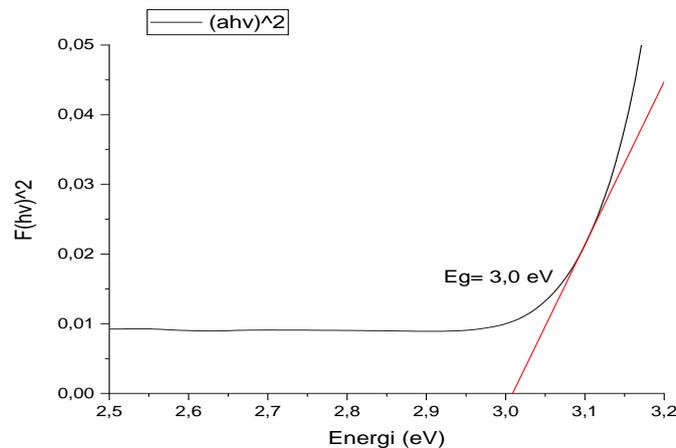
Gambar 1. Grafik Efisiensi DSSC Variasi Lama Waktu Perendaman

Dari gambar 1, dapat dilihat bahwa hasil efisiensi dari DSSC terendah adalah pada lama waktu perendaman 10 menit yaitu 7,9% dan tertinggi terjadi pada variasi pada lama waktu perendaman 30 menit yaitu 19,3%. Pada pada lama waktu perendaman 40 menit hasil efisiensi mengalami penurunan menjadi 12% hal itu terjadi karena zat warna sudah tidak optimum lagi. Lama waktu perendaman zat warna pada DSSC memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sel tersebut. Waktu perendaman yang optimal memungkinkan zat warna terserap dengan baik pada permukaan elektrode, meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya matahari. Jika perendaman terlalu singkat, penyerapan zat warna mungkin tidak merata atau tidak cukup, mengurangi efisiensi DSSC. Sebaliknya, perendaman terlalu lama bisa menyebabkan agregasi atau peluruhan zat warna, merusak kualitas lapisan dan menurunkan efisiensi sel.

Waktu perendaman TiO<sub>2</sub> sangat mempengaruhi kuat arus dan tegangan DSSC yang dihasilkan. Semakin lama perendaman, lebih banyak zat warna akan terserap oleh TiO<sub>2</sub>, serta dapat menghasilkan kuat arus dan tegangan yang lebih besar selama TiO<sub>2</sub> tidak larut

Selain itu, penyerapan zat warna yang optimal dapat meningkatkan stabilitas dan daya tahan DSSC. Waktu perendaman juga mempengaruhi interaksi kimiawi antara zat warna dan permukaan elektrode, yang dapat meningkatkan transfer elektron dan kinerja keseluruhan DSSC (Fitriya *et al.*, 2014).

Hasil yang diperoleh dari karakterisasi UV-DRS digunakan untuk mengetahui energi band-gap dengan mengubah besaran %R kedalam factor Kubelka-Munk ( $F(R)$ ) (Hary Sanjaya, Hardeli, 2018). Grafik nilai band-gap dari semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Grafik Band-Gap  $\text{TiO}_2$ -CTAB

Tabel 2. Nilai Band Gap dari  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$ -CTAB

No	Data Band Gap	
	$\text{TiO}_2$	$\text{TiO}_2$ -CTAB
1.	3,2 eV	3,0 eV

Gambar 2 dan tabel 2, di atas menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  yang telah didoping dengan CTAB berhasil menurunkan band-gap dari 3,2 eV menjadi 3,0 eV. Hasil dari  $\text{TiO}_2$  - CTAB berbentuk pasta berwarna putih yang nantinya akan dideposisikan pada kaca  $\text{TiO}_2$ . CTAB dapat menurunkan band gap dari  $\text{TiO}_2$  melalui beberapa mekanisme yang melibatkan modifikasi fisik dan kimia pada permukaan dan struktur material.

Doping  $\text{TiO}_2$  dengan CTAB dapat menurunkan band gap  $\text{TiO}_2$  karena pembentukan tingkat energi baru dalam celah pita, interaksi dengan permukaan  $\text{TiO}_2$  dan perubahan dalam struktur kristal serta mikrostruktur material CTAB mengandung unsur bromida yang dapat berfungsi sebagai dopan, memperkenalkan tingkat energi tambahan dalam band gap. CTAB juga berperan dalam kontrol ukuran partikel selama sintesis  $\text{TiO}_2$ , yang

dapat mengakibatkan efek quantum size, berkontribusi pada penurunan band gap (Muzibur Rahman, 2019).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh simpulan bahwa waktu perendaman zat warna pada DSSC memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sel. Hasil terbaik diperoleh pada waktu perendaman 30 menit dengan efisiensi tertinggi sebesar 19,3%, sedangkan efisiensi terendah 7,9% terjadi pada waktu perendaman 10 menit. Perendaman yang terlalu lama atau terlalu singkat dapat menurunkan efisiensi DSSC karena masalah penyerapan zat warna yang tidak optimal.

Karakterisasi menggunakan UV-DRS menunjukkan bahwa doping TiO<sub>2</sub> dengan surfaktan CTAB berhasil menurunkan band gap dari 3,2 eV menjadi 3,0 eV, yang dapat meningkatkan kinerja DSSC. Doping ini menghasilkan modifikasi fisik dan kimia pada permukaan dan struktur material, memperkenalkan tingkat energi tambahan dalam band gap, dan mengontrol ukuran partikel selama sintesis TiO<sub>2</sub>, sehingga berkontribusi pada penurunan band gap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andari, R. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella (*Hibiscus Sabdariffa*). *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 1(2), 61–71. <https://doi.org/10.24198/jiif.v1i02.12334>
- Anggraini, P. N., Rosa, E. S., Nursam, N. M., Sinaga, R. F., & Shobih, S. (2021). Modifications of Liquid Electrolyte for Monolithic Dye-sensitized Solar Cells. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 21(1), 35. <https://doi.org/10.14203/jet.v21.35-40>
- Feronika, W., & Hardeli, H. (2022). Pengaruh Konsentrasi Inisiator terhadap Pembentukan Poli Tanin sebagai Zat Warna Pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 73. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113260>
- Fitriya, H., Handayani, R. D., & Lesmono, A. D. (2014). Pengaruh Lama Perendaman TiO<sub>2</sub> Dalam Dye Sensitizer Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Terhadap Efisiensi Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember Program Studi. *Pembelajaran Fisika*, 5(4), 343–350.
- Fonda Maahury, M., Martoprawiro, M. A., Kimia, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Pattimura, U., & Teknologi Bandung, I. (2019). Perhitungan Komputasi Potensi Lawsonsone dan Turunannya sebagai Material Aktif pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna Computational Calculation Potency of Lawsonsone and Its Derivatives As Active Material in Dye-Sensitized Solar Cell. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 17(November), 1–5.
- Gong, J., Sumathy, K., Qiao, Q., & Zhou, Z. (2017). Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): Advanced techniques and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(September 2016), 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.097>
- Hary Sanjaya, Hardeli, R. S. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO<sub>2</sub> Secara Fotosonolisis. *Eksakta*, 19(1).
- Kishore Kumar, D., Kříž, J., Bennett, N., Chen, B., Upadhayaya, H., Reddy, K. R., & Sadhu, V. (2020). Functionalized metal oxide nanoparticles for efficient dye-sensitized solar cells (DSSCs): A review. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 472–481. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.03.003>



- Kokkonen, M., Talebi, P., Zhou, J., Asgari, S., Soomro, S. A., Elsehrawy, F., Halme, J., Ahmad, S., Hagfeldt, A., & Hashmi, S. G. (2021). Advanced research trends in dye-sensitized solar cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 9(17), 10527–10545. <https://doi.org/10.1039/d1ta00690h>
- Kusdiana, D. (2023). *No Title*. Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE). <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/01/20/3405/dirjen.ebtke.paparkan.pemenuhan.kebutuhan.li.strik.indonesia.melalui.pemanfaatan.ebt>
- Muzibur Rahman, M. (2019). Fundamentals of Semiconductor Photocatalysis. *Concepts of Semiconductor Photocatalysis*. <https://www.intechopen.com/books/concepts-of-semiconductor-photocatalysis>
- Pasunu, C., Ruslan, R., & Ys., H. (2017). Penentuan Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Ekstrak Buah Kaktus (*Opuntia elatior* Mill.). *Kovalen*, 3(3), 285. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i3.9338>
- Putri, Y. P. (2023). Pengaruh Massa Monomer terhadap Pembentukan Poli Kuersetin sebagai Zat Warna pada *Dye Sensitized Solar*. 12(3), 58–62.
- Sanjaya, Hary, Pinta Rida, S. K. W. N. (2017). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisi dengan *Eksakta*, 18(2).
- Subriadi, H. P. I., & Hardeli, H. (2023). Peningkatan Efisiensi Poli Tanin Sebagai Dye Pada *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Crosslinker Glutaraldehyde. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 4(1), 1–5.

