

# Karakterisasi dan Pengaruh Waktu Polimerisasi terhadap Sifat Fisik dan Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berbasis Poli Kuersetin

## *Characterization and Effect of Polymerization Time on Physical Properties and Efficiency of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Based on Poly Quercetin*

Dea Fisyabilillah & 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

Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan sel surya yang menggunakan zat warna untuk menyerap foton pada cahaya matahari yang nantinya di konversi menjadi energi listrik. Pada penelitian ini digunakan zat warna kuersetin yang berasal dari golongan flavonoid yang dipolimerisasi untuk memperbanyak ikatan konjugasi sehingga meningkatkan efisiensi DSSC yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu polimerisasi pada poli kuersetin terhadap efisiensi konversi energi DSSC. Kuersetin yang telah dipolimerisasi di karakterisasi menggunakan FTIR, densitas, dan viskositas. Hasil FTIR didapatkan gugus fungsi O-H Fenol, C=O Karbonil, C=C Aromatik, dan C-O yang menunjukkan terjadinya polimerisasi. Kuersetin yang telah dipolimerisasi diukur menggunakan multimeter dan didapatkan efisiensi optimum pada waktu polimerisasi 45 menit dengan efisiensi 19,5 %. Hasil dari pengujian densitas dan viskositas didapatkan berat molekul poli kuersetin sebesar 20117,3804 gr/mol sehingga didapatkan derajat polimerisasi sebesar 66,56 rantai poli kuersetin.

**Kata Kunci:** DSSC, Polimerisasi; Kuersetin; Poli Kuersetin, Efisiensi

### Abstract

*Dye-sensitized solar cells (DSSCs) are solar cells that use dye to absorb photons from sunlight, which are then converted into electrical energy. In this study, quercetin, a flavonoid dye, was polymerized to increase the number of conjugated bonds, thereby enhancing the efficiency of the DSSCs produced. The aim of this research is to determine how polymerization time of polyquercetin affects the energy conversion efficiency of the DSSCs. The polymerized quercetin was characterized using FTIR, density, and viscosity measurements. FTIR results indicated the presence of functional groups such as O-H phenol, C=O carbonyl, C=C aromatic, and C-O, confirming the occurrence of polymerization. The polymerized quercetin was measured with a multimeter, revealing an optimal efficiency of 19.5% at a polymerization time of 45 minutes. Density and viscosity tests provided a molecular weight of polyquercetin of 20,117.3804 g/mol, resulting in a degree of polymerization of 66.56 polyquercetin chains.*

**Keywords:** DSSC; Polymerization; Quercetin; Poly Quercetin; Efficiency

**How to Cite:** Fisyabilillah, D. & Hardeli. (2024). Karakterisasi dan Pengaruh Waktu Polimerisasi terhadap Sifat Fisik dan Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berbasis Poli Kuersetin. *Journal of Natural Sciences*. 5 (2): 113-122

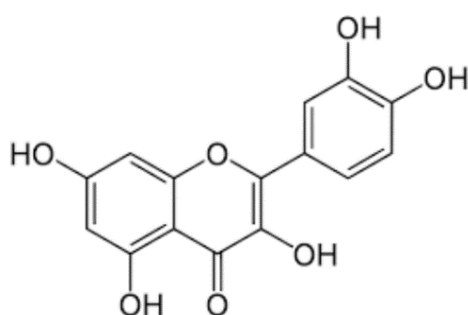


## PENDAHULUAN

Sumber energi adalah kebutuhan utama manusia. Kebutuhan energi nasional mencapai 232.296 TWh pada tahun 2018, tumbuh sebesar 5,1% setiap tahunnya. Sebanyak 80% energi konvensional yang tidak ramah lingkungan dan tidak diperbarui masih digunakan. Penggunaan sel fotovoltaik untuk menghasilkan energi terbarukan dapat mengatasi keterbatasan sumber energi tidak terbarukan seperti batu bara, gas bumi, dan minyak bumi. Sel fotovoltaik ini juga disebut sebagai sel surya atau *solar cell* merupakan media yang akan digunakan dalam pemanfaatan energi matahari menjadi sumber energi terbarukan (Afif & Martin, 2022).

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) memiliki beberapa komponen diantaranya kaca substrat, *dye/zat* warna, semikonduktor, elektroda lawan, dan elektrolit (Karim *et al.*, 2019). *Dye/zat* warna merupakan salah satu komponen DSSC yang memiliki peran penting. *Dye* berperan mengabsorpsi cahaya matahari dan menghasilkan elektron yang tereksitasi. Beberapa zat warna organik yang dapat digunakan pada DSSC yaitu antosianin, kurkumin, beta karotene, klorofil, tanin, dan flavonoid (Fitri, 2022; Destari & Padang, 2023).

Kuersetin merupakan zat warna organik yang tergolong senyawa flavonoid yang banyak ditemukan secara alami di banyak tanaman, terutama pada kulit kayu, kulit bawang, daun lobak, dan daun teh. Kuersetin memiliki rumus struktur 3,5,7-trihydroxy-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-Hcromen-4-one dengan rumus molekul  $C_{15}H_{10}O_7$ . Kuersetin berwarna kuning dengan berat molekul 302,338 g/mol (Primananda *et al.*, 2017; Chayal *et al.*, 2019).

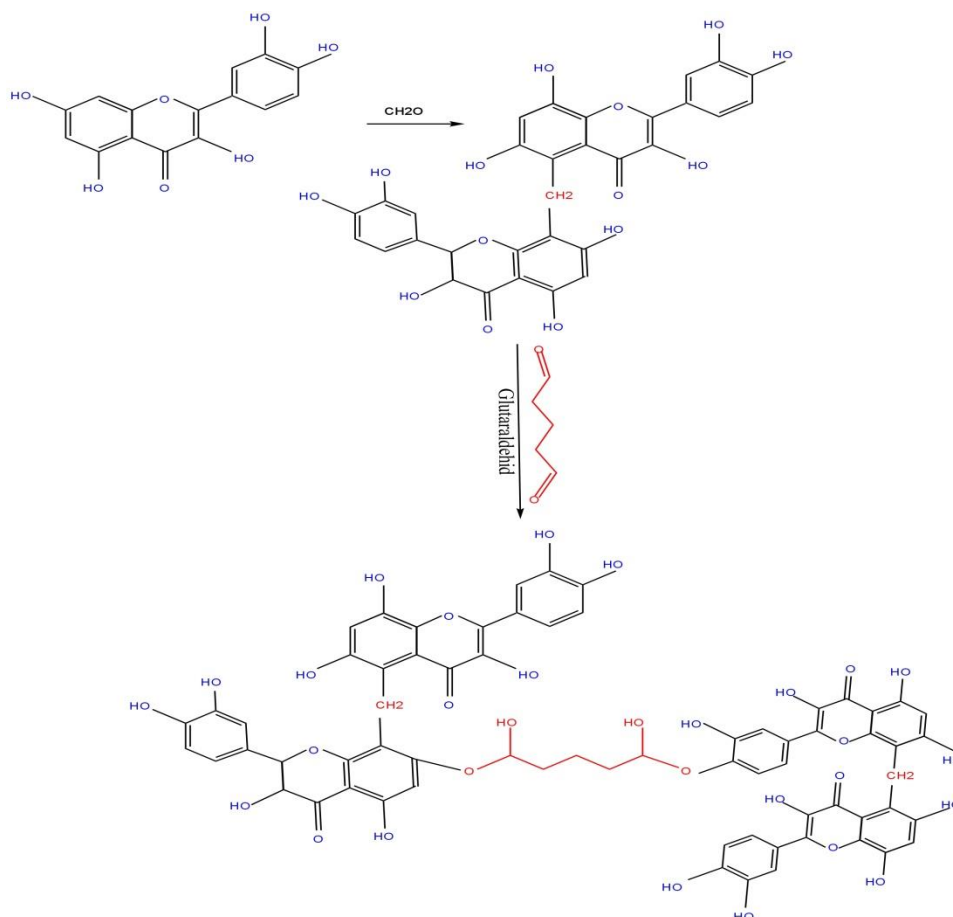


Gambar 1. Struktur Kuersetin

Polimerisasi merupakan proses dimana polimer terbentuk dari susunan monomer-monomer. Reaksi polimerisasi akan menghasilkan polimer dengan susunan ulang tertentu. Polimerisasi dibagi menjadi dua kelompok yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Proses polimerisasi kuersetin akan dilakukan dengan reaksi polimerisasi



kondensasi. Polimerisasi dengan menggunakan agen pengikat silang (*crosslinking agent*) untuk menghasilkan poli kuersetin. Agen pengikat silang (*crosslinking agent*) yang digunakan yaitu *glutaraldehyde* merupakan cairan berminyak dengan dua gugus aldehida (Alhumaimess *et al.*,2019)



Gambar 2. Reaksi Polimerisasi Kuersetin Menggunakan *Glutaraldehyde*

Polimer yang terbentuk dapat mendukung pelebaran celah pita dan meningkat silang monomer-monomer kuersetin pada saat terjadi proses polimerisasi. Reaksi ini menyebabkan perubahan warna pada kuersetin, dimana ketika warna monomer kuersetin kuning sedangkan ketika kuersetin dalam bentuk polimer berwarna hitam (Latos-Brozio & Masek, 2019). Pada Penelitian ini dilakukan polimerisasi kuersetin menggunakan glutaraldehyde sebagai agen pengikat silang. Kuersetin yang dihasilkan digunakan sebagai zat warna dalam DSSC dan melihat bagaimana pengaruh kuersetin yang telah dipolimerisasi terhadap efisiensi konversi energi DSSC. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan efisiensi konversi energi yang baik dan dapat bermanfaat sebagai pengganti energi alternatif masa mendatang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai dengan April 2024 di Laboratorium Penelitian Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas kimia, labu leher tiga, batang pengaduk, spatula, gelas algoji, corong, erlemeyer, cawan petri, botol reagen, pipet tetes, refluks, labu ukur, *ultrasonic cleaner*, oven, *magnetic stirrer*, gelas ukur, timbangan analitik, penjepit kertas, penelitian ini menggunakan instrumen FTIR dan multimeter. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kuersetin, glutaraldehyde, formaldehyde, NaOH, HCL, etanol p.a, aquabidest, aquadest, asetonitril, alkohol 70%, CTAB, kertas indikator, TiO<sub>2</sub>, kertas saring, polivinil alkohol (PVA), polietilen glikol (PEG), I<sub>2</sub> (Iodine), KI (kalium iodide), lilin, plastik wrap, dan aluminium foil.

### Prosedur Penelitian

#### 1. Preparasi Poli Kuersetin

Kueretin 2,5 g dilarutkan dengan 25 ml (36% HCl dan 37% HCHO) dengan konsentrasi 0,3308 mol dalam labu refluks 500 ml. Campuran di aduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu 200 °C sampai terbentuk resin kuersetin-folmaldehyde, kemudian di saring hingga didapatkan resin dan dicuci dengan aquabidest. Sampel resin kuersetin-folmaldehyde dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 1 jam.

Sampel resin kuersetin formaldehida 0,125gram dilarutkan dengan 12,5 ml larutan NaOH 1%. Resin ini dipanaskan pada suhu 60-70°C menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian ditambahkan  $0,6 \times 10^{-4}$  mol *glutaraldehyde* (agen pengikat silang). Pemanasan pada resin ditingkatkan hingga suhu 100°C dengan pengadukan selama (30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit) dengan kecepatan pengadukan 1200rpm. Resin yang didapatkan tersebut kemudian di dinginkan hingga suhu ruang (Putri *et al.*, 2023).

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

TiO<sub>2</sub> 0,475gram dan CTAB 0,025gram dicampurkan dalam etanol p.a 4 ml. Selanjutnya selama 60 menit distirrer hingga sol terbentuk dan homogen. Sol TiO<sub>2</sub>-CTAB disonifikasi selama 60 menit. Selanjutnya dioven selama 15 menit pada suhu 95°C. Sol TiO<sub>2</sub>



doping CTAB dapat dilapisi ke kaca ITO yang telah dibatasi (Mutya Destari & Hardeli, 2023).

### 3. Preparasi Kaca ITO

Kaca ITO telah dipotong berukuran 2,5 x 1,25 cm lalu dibersihkan selama 1 jam menggunakan ultrasonic cleaner yang berisi 200 mL alkohol 70%. Kemudian dikeringkan dan diuji menggunakan multimeter untuk melihat resistensinya (Putri & Subriadi, 2023).

### 4. Preparasi Elektrolit

KI 0,5 g dan 0,1 g I<sub>2</sub> masing-masing dilarutkan dalam 6 ml asetonitril, kemudian campurkan dan aduk hingga homogen. Lalu tambahkan 2,4 g polietilen glikol (PEG) dan aduk sampai membentuk gel (Putri *et al.*, 2022).

### 5. Preparasi Counter Elektroda

Pelapisan karbon dilakukan dengan memanaskan kaca ITO di atas lilin. Area karbon terlapisi berukuran 1 cm x 1 cm. Lapisan yang tidak merata, dirapikan menggunakan Cotton bud (Putri & Subriadi, 2023).

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

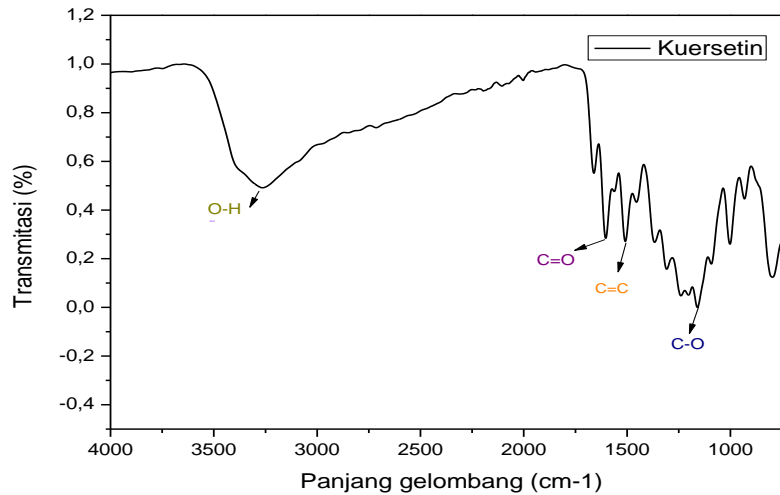
Kaca ITO yang digunakan berukuran 2,5 cm x 1,25 cm. Area TiO<sub>2</sub>-CTAB berukuran 1 cm x 1 cm dideposisikan kepada kaca ITO dengan kertas label. Metode doctor blade digunakan untuk menempatkan area konduktif pasta TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB pada area yang dibuat pada kaca ITO. Pasta TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB yang telah terlapisi ditunggu hingga kering. Larutan poli-kuersetin direndam TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB selama 30 menit. Dilapisi dengan lapisan TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB dan elektroda karbon counter di bagian atas, membentuk struktur sandwich. Menyatukan kedua elektroda dengan penjepit kertas. Teteskan elektrolit di area antara kedua elektroda. DSSC yang telah selesai di rakit dapat diuji tegangan dan hambatannya (Putri *et al.*, 2023). Kaca ITO yang digunakan berukuran 2,5 cm x 1,25 cm. Area TiO<sub>2</sub>-CTAB berukuran 1 cm x 1 cm dideposisikan kepada kaca ITO dengan kertas label. Metode *doctor blade* digunakan untuk menempatkan area konduktif pasta TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB pada area yang dibuat pada kaca ITO. Pasta TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB yang telah terlapisi ditunggu hingga kering. Larutan poli-kuersetin direndam TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB selama 30 menit. Dilapisi dengan lapisan TiO<sub>2</sub>-dopan CTAB dan elektroda karbon counter di bagian atas, membentuk struktur sandwich. Menyatukan kedua elektroda dengan penjepit kertas. Teteskan elektrolit di area antara kedua elektroda. DSSC yang telah selesai di rakit dapat diuji tegangan dan hambatannya (Putri *et al.*, 2023).



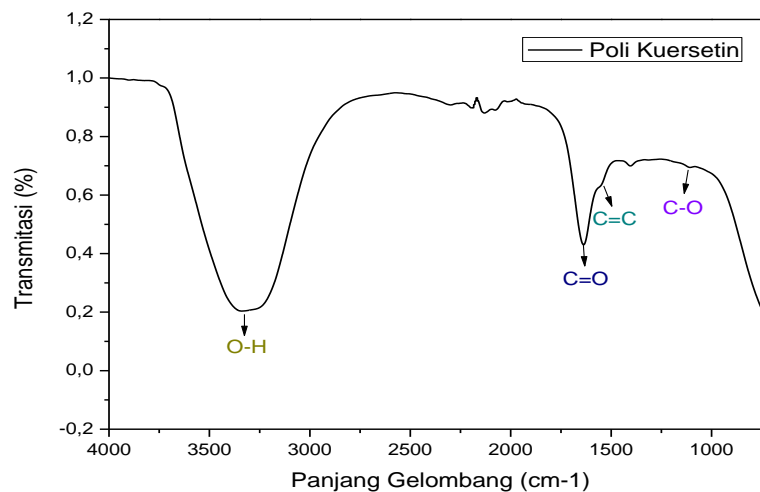
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Dye

Zat warna yang digunakan dikarakterisasi dengan instrumen FTIR yang bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam struktur kimia poli kuersetin yang didapatkan.



Gambar 3. Spektra FTIR Kuersetin Murni



Gambar 4. Spektra FTIR Poli Kuersetin

Hasil karakterisasi FTIR pada kuersetin menunjukkan adanya gugus fungsi (-OH) fenol pada daerah serapan  $3264,09 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3339,38 \text{ cm}^{-1}$  ketika telah dipolimerisasi terjadi peningkatan daerah serapan gugus O-H dengan intensitas yang kuat. Kuersetin memiliki ikatan rangkap konjugasi yang dapat menyerap sinar tampak ditunjukkan dengan adanya gugus ikatan C=O pada daerah serapan  $1660,76 \text{ cm}^{-1}$  dan C=C Aromatik pada daerah serapan  $1508,63 \text{ cm}^{-1}$ . Ketika kuersetin telah dipolimerisasi terjadi



penurunan daerah serapan gugus fungsi C=O dengan daerah serapan 1637,16  $\text{cm}^{-1}$  dan C=C dengan daerah serapan 1504,35  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus fungsi C-O juga terjadi penurunan ketika sudah dipolimerisasi dari daerah serapan 1159,91  $\text{cm}^{-1}$  menjadi 1053,23  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan terjadinya proses polimerisasi.

Penelitian terdahulu, hasil karakterisasi FTIR zat warna poli kuersetin didapatkan gugus fungsi O-H pada daerah serapan 3338,88  $\text{cm}^{-1}$ , gugus fungsi C-O pada daerah serapan 1637,75  $\text{cm}^{-1}$ , gugus fungsi C=C pada daerah serapan 1504,05  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus fungsi C-O pada daerah serapan 1000,23  $\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan memiliki daerah serapan yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya (Hijri, 2023).

Tabel 1. Interpretasi Data Spektra FTIR

No	Gugus Fungsi	Interpretasi Data		
		Kuersetin ( $\text{cm}^{-1}$ )	Poli Kuersetin ( $\text{cm}^{-1}$ )	Data Literatur ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Skoog, 1998)
1	O-H Fenol	3264,09	3339,38	3600-3200
2	C=O Karbonil	1660,76	1637,16	1600-1820
3	C=C Aromatik	1508,63	1504,35	1600-1500
5	C-O	1159,91	1053,23	1050-1300

Kuersetin yang telah dipolimerisasi dihitung berat molekulnya dengan uji viskositas menggunakan viskositas ostwald dan dihitung berat jenisnya dengan uji densitas menggunakan piknometer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu polimerisasi terhadap polimerisasi kuersetin.

Tabel 2. Data pengujian Densitas

Waktu Polimerisasi (Menit)	Densitas $\text{g/cm}^3$
30	1,0289
45	1,0310
60	1,0282
75	1,0278
90	1,0269

Densitas atau massa jenis adalah ukuran massa per satuan volume suatu zat ( $\text{g/cm}^3$ ) (Hatina *et al.*, 2024). Lamanya waktu polimerisasi semakin homogen suatu larutan, meningkatnya massa solut yang terlarut dalam setiap volume sehingga densitas meningkat. Turunnya densitas pada waktu polimerisasi 90 menit karena rantai polimer yang terbentuk lepas menyebabkan densitas menurun.

Tabel 3. Data Pengujian Viskositas



Waktu Polimerisasi (menit)	Waktu Alir (s)	Viskositas Larutan (Ns/m <sup>2</sup> )	Viskositas Spesifik	Viskositas Reduksi
0	2,21	0,1419 Ns/m <sup>2</sup>	0	0
30	3,15	0,2077 Ns/m <sup>2</sup>	0,46	0,368
45	3,49	0,2310 Ns/m <sup>2</sup>	0,63	0,504
60	3,38	0,2232 Ns/m <sup>2</sup>	0,57	0,458
75	3,29	0,2171 Ns/m <sup>2</sup>	0,53	0,424

Berdasarkan tabel viskositas, viskositas semakin meningkat seiring bertambahnya waktu polimerisasi. Semakin lama waktu polimerisasi larutan yang terbentuk semakin homogen sehingga waktu larutan mengalir semakin lama dan berat molekul meningkat. Penurunan pada waktu polimerisasi 60 menit karena rantai yang telah terbentuk putus sehingga waktu larutan mengalir meningkat dan berat molekul menurun. Viskositas reduksi dihitung untuk menentukan berat molekul polimer (Zikrillah *et al.*, 2023). Berat molekul poli kuersetin yang dihasilkan sebesar 20117,3804 gr/mol. Derajat polimerisasi didapatkan dari berat molekul poli kuersetin dibagi berat molekul kuersetin murni sebesar 302,236 gr/mol, sehingga didapatkan derajat polimerisasi 66,56 rantai poli kuersetin.

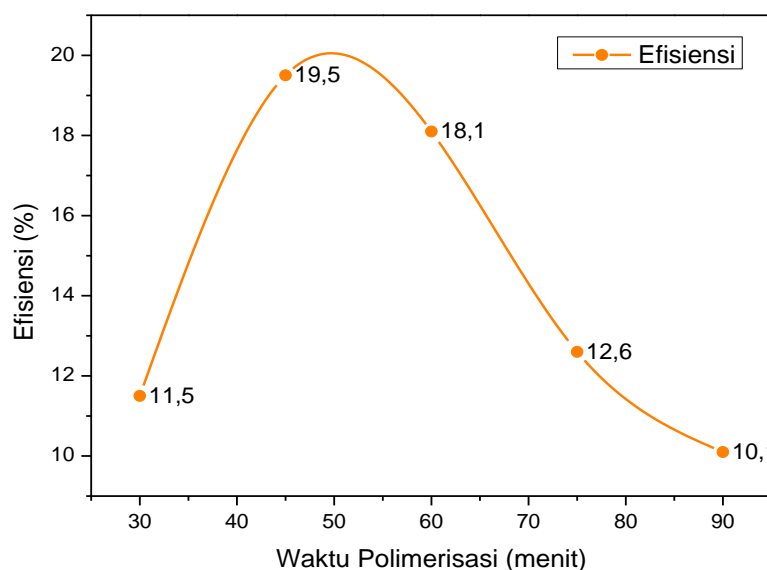
### Uji Efisiensi DSSC

Pengukuran efisiensi DSSC bertujuan untuk mengetahui variasi waktu polimerisasi kuersetin yang memiliki efisiensi paling optimum. DSSC yang telah dirakit, dihitung hambatan dan tegangan menggunakan multimeter digital, didapatkan kuat arus untuk dihitung menggunakan kurva I-V untuk menentukan efisiensi. Berikut merupakan tabel hasil efisiensi dari variasi efisiensi dari yang digunakan :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Efisiensi DSSC

Waktu Polimerisasi (Menit)	Tegangan (V)	Kuat Arus (I)	Efisiensi (%)
30	0,352	0,0681	11,5
45	0,487	0,0492	19,5
60	0,426	0,0563	18,1
75	0,374	0,064	12,6
90	0,346	0,0693	10,1





Gambar 6. Grafik Efisiensi dari Variasi Waktu Polimerisasi Kuersetin

Dari gambar 6, dapat dilihat bahwa hasil efisiensi DSSC dari variasi waktu polimerisasi mempengaruhi efisiensi DSSC yang didapatkan. Waktu polimerisasi semakin lama akan membuat ikatan yang terbentuk antara monomer dengan pengikat silang semakin banyak (Marsha & Hardeli, 2020). Efisiensi optimum terjadi pada variasi waktu polimerisasi 45 menit dengan efisiensi 19,5 % sedangkan efisiensi yang paling rendah didapatkan 10,5 % pada waktu polimerisasi 90 menit. Penurunan efisiensi setelah waktu polimerisasi 45 menit menyebabkan reaksi polimerisasi melambat karena waktu polimerisasi telah mencapai waktu optimum akibat tidak ada lagi monomer dan pengikat silang yang dapat bereaksi lagi.

## SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa karakterisasi dye menggunakan FTIR berhasil mengidentifikasi gugus fungsi dalam struktur kimia poli kuersetin. FTIR menunjukkan perubahan daerah serapan setelah polimerisasi, yang mengindikasikan proses polimerisasi terjadi. Densitas dan viskositas poli kuersetin meningkat seiring dengan lamanya waktu polimerisasi, menunjukkan larutan yang semakin homogen dan peningkatan berat molekul. Namun, penurunan densitas dan viskositas pada waktu polimerisasi yang terlalu lama mengindikasikan rantai polimer yang terbentuk putus.

Efisiensi DSSC bervariasi dengan waktu polimerisasi kuersetin. Efisiensi optimum diperoleh pada waktu polimerisasi 45 menit dengan nilai 19,5%, sedangkan efisiensi

terendah terjadi pada waktu polimerisasi 90 menit sebesar 10,1%. Penurunan efisiensi setelah 45 menit menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi mencapai kondisi optimum, dan waktu polimerisasi yang lebih lama tidak memberikan peningkatan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 43. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.997>
- Chayal, G., Patel, K. R., Roy, M. S., Kumar, M., Prasad, N., & Shitiz, K. (2019). Effect of surface treatment on photovoltaic properties of dye-sensitized solar cell based on natural dye quercetin. *J. Indian Chem. Soc.*, 96(August), 1059–1065.
- Destari, M., & Padang, U. N. (2023). *CHEDS : Journal of Chemistry , Education , and Science Peningkatan Efisiensi Sensitized Solar Cell ( DSSC ) Menggunakan Pelapisan TiO 2 Doping ZnO dengan Zat Warna Poli Tanin*. 7(2), 1–6.
- Fitri, I. I. (2022). Pengaruh Temperatur Kalsinasi Grafit-Tio2 Terhadap Performa Dye Sensitizer Solar Cell (Dssc) Berbasis Dye Dari Daun Suji (Dracaena Angustifolia). *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(4), 1971-1982.
- Hatina, S., Yuniarti, D. P., Gistara, K. D., & Komala, R. (2024). *Analisa Viskositas , Densitas , Dan Kandungan Air Pada Pelumas Bekas Yang Dijadikan Bahan Bakar Solar*. 9, 114–120.
- Hijri, F. (2023). *Pengaruh Variasi NaOH Pada Polimerasi Kuersetin Terhadap Efisiensi DSSC*. 12(3), 63–66.
- Karim, N. A., Mehmood, U., Zahid, H. F., & Asif, T. (2019). Nanostructured photoanode and counter electrode materials for efficient Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs). *Solar Energy*, 185(March), 165–188. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.057>
- Latos-Brozio, M., & Masek, A. (2019). Structure-Activity Relationships Analysis of Monomeric and Polymeric Polyphenols (Quercetin, Rutin and Catechin) Obtained by Various Polymerization Methods. *Chemistry and Biodiversity*, 16(12). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900426>
- Marsha, N., & Haedeli. (2020). Pengaruh Waktu Polimerisasi Pada Pembentukan Poli Asam Humat Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Periodic*, 9(2), 65–70. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Mutya Destari, & Hardeli. (2023). Peningkatan Efisiensi Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Pelapisan TiO2 Doping ZnO dengan Zat Warna Poli Tanin. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(2), 204–209.
- Primananda, I., & Rezvozano, R. D. (2017). Karakteristik Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Zat Pewarna Alami dari Ekstrak Jantung Pisang. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 1(2), 99–108.
- Putri, A. A., Hardeli, H., Azra, F., & Azhar, M. (2022). Preparasi Poli Tanin Untuk Meningkatkan Efisiensi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Preparasi Poli Tanin untuk Meningkatkan Efisiensi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(3), 65. <https://doi.org/10.24036/p.v11i3.114985>
- Putri, H., & Subriadi, I. (2023). *Peningkatan Efisiensi Poli Tanin Sebagai Dye Pada Dye Sensitized Solar Cell Menggunakan Crosslinker Glutaraldehyde*. 4(1), 1–5.
- Putri, Y. P., Kimia, D., & Padang, U. N. (2023). *Pengaruh Massa Monomer terhadap Pembentukan Poli Kuersetin sebagai Zat Warna pada Dye Sensitized Solar*. 12(3), 58–62.
- Zikrillah, M., Muharja, M., Rizki, F. D., Batuthoh, M. W. I., & Khamil, A. I. (2023). Metode Baru Perhitungan Viskositas Intrinsik Dan Berat Molekul Polihidroksialkanoat Untuk Produksi Plastik Biodegradable. *Penelitian IPTEKS*, 8(2), 188–195. <https://www.researchgate.net/publication/372887183>