

KINERJA PENCAMPURAN KUNYIT PUTIH DAN BUAH MURBEI SEBAGAI SENSITIZER PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN TITANIUM DIOKSIDE SEBAGAI SEMIKONDUKTOR

Abd. Rozaq Amin¹, Tulus Subagyo²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan

² Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan

Email korespondensi: tulus@yudharta.ac.id

Abstrak

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan solar sel yang ramah lingkungan serta mudah dalam proses fabrikasinya. DSSC menggunakan pewarna dari bahan alam sebagai sensitizer. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja pencampuran kunyit putih dan buah murbei sebagai pewarna alternatif. Metode ekstraksi yang digunakan pada preparasi kunyit putih yaitu maserasi dengan pelarut ethanol 96%. Pada pewarna kurkumin dari hasil ekstraksi kunyit putih pada penelitian ini memiliki absorbansi yang baik pada panjang gelombang, yaitu $\pm 310 - 325$ nm dengan nilai absorbansi rata - rata 2,9. Sedangkan TiO_2 memiliki puncak penyerapan yang baik pada daerah daerah $\pm 265 - 275$ nm dengan nilai absorbansi rata - rata 1,8. Pengujian pada penelitian ini adalah karakterisasi absorbansi pewarna menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis, dan karakterisasi arus dan tegangan (I-V) menggunakan alat solar simulator. Nilai arus dan tegangan pada penelitian pada uji solar simulator didapatkan nilai arus 0.000315 mA dan tegangan 0.002 mV.

Kata kunci: *Dye Sensitized Solar Cell, Kunyit Putih, Buah Murbei, Titanium dioksida.*

Abstract

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is an environmentally friendly solar cell and easy in its factory process. DSSC uses dyes of natural materials as sensitizer. The study aims to test the mixing performance of white turmeric and mulbei fruit as an alternative dye. The extraction method used in white turmeric preparation is maseration with 96% ethanol solvent. In curcumin dyes from white turmeric extraction results in this study had good absorbance at wavelengths, which is $\pm 310 - 325$ nm with an average absorbance value of 2.9. While TiO_2 has a good absorption peak in regions of $\pm 265 - 275$ nm with an average absorbance value of 1.8. The testing of the study was the characterization of dye absorbance using UV-Vis spectrophotometer tools, and the characterization of current and voltage (I-V) using solar simulator tools. The current and voltage value on the study on the solar simulator test obtained a current value of 0.000315 mA and a voltage of 0.002 mV.

Keywords: *Dye Sensitized Solar Cell, Curcuma Zedoaria, Mulberry Fruit, Titanium Dioxide.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat tiap tahunnya, Sedangkan cadangan energi bahan bakar fosil semakin menipis tiap tahunnya. Apabila tidak ada solusi dan tindakan tepat untuk mengatasi masalah ini maka dapat di pastikan beberapa tahun mendatang akan mengalami krisis energi. Dengan konsumsi energi yang tiap tahunnya meningkat, akan mempercepat turunya cadangan energi bahan bakar fosil. Maka dari itu, berbagai negara mengembangkan tindakan untuk membatasi penerapan energi fosil dan menunjang penerapan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan lebih keberlanjutan (Amelia Widyastuti et al., 2024).

Keuntungan bagi indonesia yang merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dengan iklim tropis yang hanya mempunyai dua musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering

(kemarau) dan musim basah (hujan). Garis khatulistiwa menyebabkan indonesia salah satu dari sedikit daerah yang terkena kelebihan radiasi dari sinar matahari akibat dari hari – hari musim panas yang sangat panjang di banding negara lain. Akibatnya, indonesia memiliki sumber energi surya yang sangat berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata – rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia.

Potensi dari paparan sinar matahari ini dapat di manfaatkan salah satunya sebagai energi terbarukan atau energi alternatif pengganti energi bahan bakar fosil. Sel surya merupakan salah satunya teknologi yang mengkonversi (mengubah) energi cahaya (foton) tampak menjadi energi listrik. Untuk sel surya sendiri bahan pembuatannya di bedakan menjadi tiga generasi, dimana generasi pertama terbuat dari silikon murni, dan generasi kedua masih sama terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon murni yang di buat seperti lapisan tipis (*thin film solar cell*), sedangkan generasi ketiga berbeda dari generasi sebelumnya dengan tujuan menciptakan sel surya yang lebih efisien dan biaya produksi murah melalui pembuatan dengan bahan yang terbuat dari semikonduktor nanopartikel yang juga di lapi dengan pewarna sintesis atau alami sebagai fotosensitizer dalam mengkonversi (mengubah) energi cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya generasi ketiga ini biasa di sebut dengan istilah *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Pada generasi ini, teknologi fotovoltaik masih tertinggal dari sel surya konvensional berbasis Si dalam nilai efisiensinya. Namun, penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan dan biaya produksi yang rendah membuat sel surya ini menjadi subjek penelitian dan pengembangan yang intensif (Lestari & Setiarso, 2021).

DSSC atau sel surya sensitif pewarna merupakan salah satu teknologi sel surya yang menunjukkan potensi besar dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Saat ini, DSSC mempunyai potensi untuk mengubah foton dari sinar matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi 13%. Upaya intensif telah diarahkan pada optimalisasi berbagai komponen DSSC dengan tujuan membuat sel yang lebih efisien dan stabil (Ghann et al., 2017). Komponen-komponen di dalam DSSC pada umumnya terdiri dari elektroda kerja sebagai semikonduktor (misalkan: TiO₂ dan ZnO), *dye* sebagai sensitizer yang menyerap cahaya matahari, pasangan redoks berupa triiodida/iodida, dan elektroda lawan (Wahyuningsih et al., 2020).

Salah satu komponen DSSC yang berperan penting dalam mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik dalam sel surya DSSC adalah *Dye* sensitizer atau zat pemeka. *Dye* sensitizer merupakan zat warna yang sensitif terhadap cahaya, yang berfungsi untuk mengabsorpsi cahaya matahari dan menghambat elektron dan hole. *Dye* sensitizer yang umum digunakan saat ini adalah senyawa-senyawa kimia yang mahal dan susah diperoleh seperti zat warna ruthenium polipiridil, porfirin dan perovskit halide (Ghann et al., 2017). Proses pembuatannya pun tergolong membutuhkan waktu lama. Selain itu, pewarna tersebut juga mengandung unsur logam berat yang tidak diinginkan dari sudut pandang lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut para penelitian telah memanfaatkan zat warna alami sebagai *dye* sensitizer pada DSSC. Zat warna alami mempunyai beberapa keunggulan yakni lebih murah, mudah diperoleh, tersedia dalam jumlah banyak dan ramah lingkungan serta mempunyai koefisien serapan yang tinggi (Adu et al., 2022). Zat warna alami yang digunakan sebagai *dye* sensitizer pada DSSC berasal dari pigmen klorofil, karoten, antosianin, tannin dan flavonoid yang diperoleh dari bagian tumbuhan meliputi daun, bunga, buah, akar, batang, biji dan kulit (Shalini et al., 2015). Kelebihan dari dye alami sendiri adalah proses pembuatannya mudah, terjangkau, dan tentunya ramah lingkungan.

Pada penelitian, dilakukan untuk menguji keinerja pencampuran pewarna alami kunyit putih dan buah murbei yang di susun secara berlapis sebagai sensitizer pada sistem DSSC. Peneliti berharap pada pencampuran pewarna alami ini mampu meningkatkan efisiensi, mampu memperlebar daerah absorbansi pada panjang gelombang cahaya tampak pada DSSC.

METODE

Ekstraksi Kunyit Putih dan Buah Murbei Sebagai *Dye Sensitized* pada DSSC

Dye diperoleh dari kunyit putih dan buah murbei yang diekstrak menggunakan larutan Ethanol 96% dan Aquades. Langkah-langkah ekstraksi kunyit putih meliputi menyiapkan kunyit putih sebanyak 100gr, di bersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran pada kunyit. Kunyit putih di potong kecil, Hasil dari potongan kunyit di keringkan dibawah paparan sinar matahari selama 2 hari (pagi - sore). Kunyit Putih yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender coper sampai halus. Serbuk dari kunyit di larutkan menggunakan Ethanol 96%, dengan perbandingan 1g/7ml. Hasil perbandingan dilarutkan dengan menggunakan magnetic stirrer selama 7 jam. Setelah 7 jam larutan tersebut kemudian di ekstraksi menggunakan filter papers (Ilahi & Sumardiasih, 2020). Sedangkan ekstraksi buah murbei dengan menyiapkan buah Murbei sebanyak 40gr, di bersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran pada murbei. Kemudian buah murbei di haluskan menggunakan blender coper di keringkan dibawah paparan sinar matahari selama 4 hari (pagi-sore). Serbuk dari buah murbei di larutkan menggunakan Aquades, dengan perbandingan 1g/3ml. dan di saring menggunakan filter paper. Hasil dari setelah di saring di diamkan dengan suhu ruangan tanpa terpapar sinar matahari.

Preparasi DSSC

- a) Pembuatan pasta semikonduktor
 - 1) Timbang 0,5 gram TiO_2 didalam kaca vial dengan neraca digital. Tambahkan 4 ml ethanol 96%.
 - 2) Aduk dengan magnetic stirer hingga 5 jam. Hasilnya diperoleh larutan semikonduktor yang kental berbentuk pasta.
 - 3) Kemudian, Kaca ITO yang telah bersih, tutupi permukaan permukaannya dengan selotip sehingga tersisa bagian dengan luasan 1 x 1 cm^2 . Proses pendeposisian pasta dapat dilakukan dengan metode doctor blade. Pasta dioleskan diatas kaca ITO dan selanjutnya diratakan dengan batang penganduk dari kaca.
- b) Pembuatan Lapisan TiO_2 Pada DSSC

Lapisan tipis TiO_2 diposisikan diatas kaca ITO dan diratakan menggunakan spatula kemudian disinterring pada suhu 200 °C selama 30 menit dalam furnace. Lapisan tipis kemudian dikeluarkan dari furnace dan direndam dalam larutan dye selama 2 jam. Lapisan tipis TiO_2 yang telah tersensitasi dye alami dikeluarkan dan siap digunakan sebagai fotoanoda pada DSSC (Dahyunir et al., 2016).
- c) Pembuatan Lapisan Elektroda Karbon
 - 1) Kaca substrat di gores menggunakan pensil 2B hingga permukaan kaca menjadi hitam.
 - 2) Pada sisi kaca yang terlapsi karbon di bersihkan dengan tisu sebagai batasan.
- d) Pembuatan Lapisan Sandwich DSSC
 - 1) Elektroda kerja dengan elektroda karbon disusun secara offside
 - 2) Kedua kaca dijepit menggunakan penjepit kertas. Struktur DSSC dibuat seperti gambar berikut:



Gambar 1. Desain Struktur DSSC
Sumber: Hasil Penelitian

- 3) Lapisan DSSC yang terbentuk dikarakterisasi arus dan tegangannya dengan menggunakan multimeter. Sumber cahaya diarahkan tegak lurus terhadap permukaan sel.

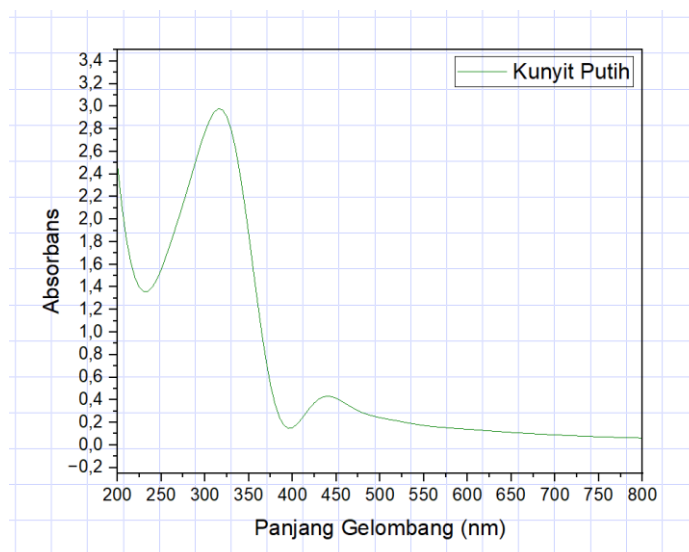
Karakterisasi DSSC

Karakterisasi pada DSSC meliputi uji absorbansi dan panjang gelombang cahaya tampak yang diserap oleh dye menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Sedangkan karakterisasi I-V di uji menggunakan solar simulator dan multimeter.

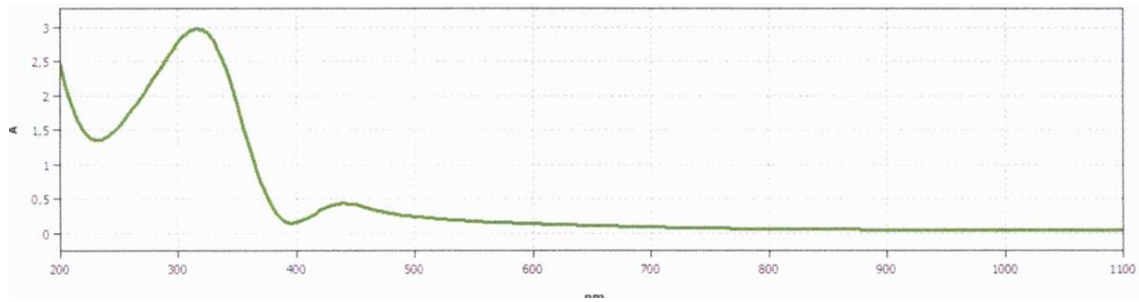
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji UV-VIS pada Kunyit Putih

Hasil dari uji UV-VIS terlihat pada Gambar 2 dan 3. Sebelum hasil dari ekstrak kunyit kuning digunakan sebagai sensitizer, terlebih dahulu dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen UV-VIS. Tujuan dari karakterisasi ini adalah untuk mengidentifikasi penyerapan cahaya pada kunyit Putih. Pengukuran spektrum absorbansi dilakukan dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm.



Gambar 2 Absorbansi cahaya kunyit putih

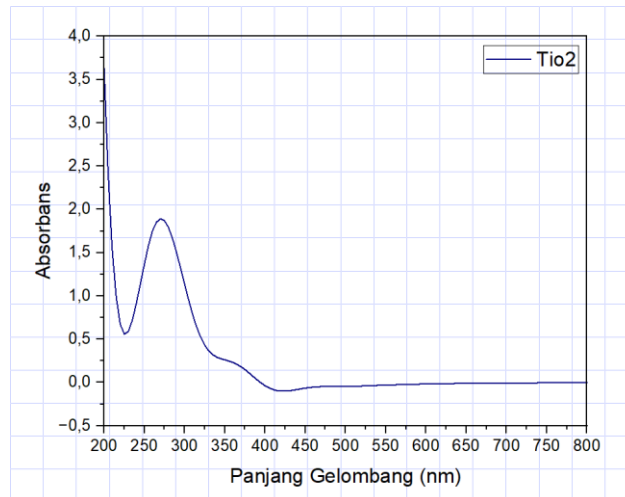


Gambar 3 Absorbansi cahaya kunyit putih

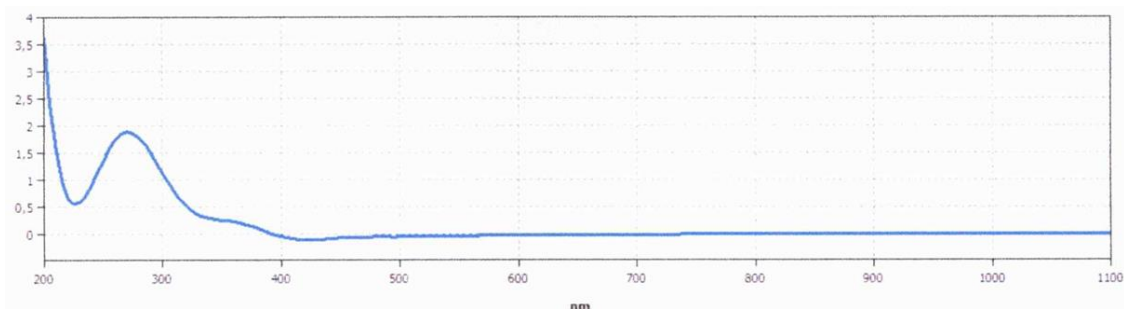
Gambar 2 menjelaskan absorbansi ekstraksi kunyit putih (Kurkumin) pada daerah cahaya tampak yaitu gelombang 200 hingga 800 nm. Pada gambar 3, ekstraksi kunyit putih (kurkumin) memiliki puncak penyerapan yang baik pada pada daerah $\pm 310 - 325$ nm dengan nilai absorbansi rata - rata 2,9. Dan kemudian menurun sampai absorbansi bernilai 0.

Uji UV-VIS Pada TiO_2

Hasil dari uji UV-VIS terlihat pada Gambar 4 dan 5. Nilai absorbansi atau penyerapan cahaya dari suatu zat yang didasarkan pada panjang gelombang dapat diketahui dengan melakukan uji spektrofotometer UV-Vis Pengujian Spektrofotometer UV-Vis dilakukan pada TiO_2 .



Gambar 4 Absorbansi cahaya pada TiO_2



Gambar 5 Absorbansi cahaya pada TiO_2

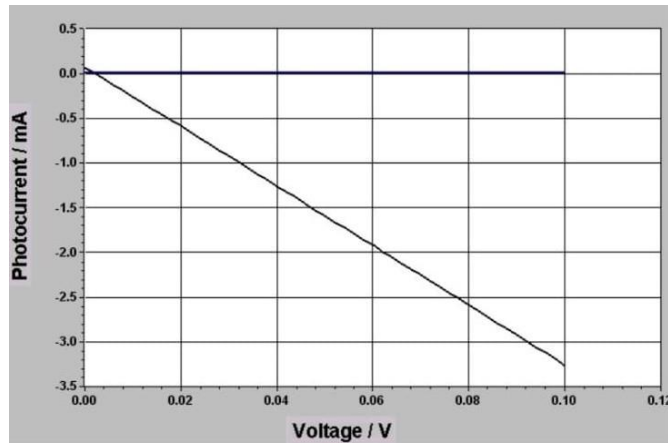
Uji Karakterisasi Arus dan Tegangan

Lapisan DSSC yang terbentuk dikarakterisasi arus dan tegangannya dengan menggunakan multimeter. Sumber cahaya diarahkan tegak lurus terhadap permukaan sel (gambar 6).



Gambar 6 Uji Tegangan dengan Multimeter

Pengukuran DSSC menggunakan solar simulator. Hasil yang didapatkan dari pengujian tersebut seperti pada gambar 7.



Gambar 7 Uji karakterisasi I-V pada solar simulator

Tabel 1 Nilai Arus dan Tegangan pada Uji solar Simulator

P_{maks} (mW)	V_{maks} (mV)	I_{maks} (mA)
6.29E-07	0.002	0.000315

Banyak faktor yang mempengaruhi karakteristik sel surya seperti luas absorpsi yang dimiliki pewarna terhadap cahaya. Semakin luas daerah absorpsi, maka energi foton yang diserap semakin besar. Dengan meningkatnya foton maka jumlah elektron yang terseksitasi lebih banyak, sehingga arus yang dihasilkan akan semakin besar.

KESIMPULAN

Hasil pengujian spektrofotometer UV-VIS menunjukkan bahwa kurkumin memiliki puncak penyerapan pada daerah ± 310 – 325 nm dengan nilai absorpsi rata-rata 2,9, sedangkan TiO_2 memiliki puncak penyerapan pada daerah ± 265 – 275 nm dengan nilai absorpsi rata-rata 1,8. Kunyit putih diekstraksi untuk menghasilkan senyawa kurkumin, kemudian dicampur dengan senyawa antosianin hasil ekstraksi buah murbei sehingga membentuk dye, sementara TiO_2 diolah menjadi pasta. Pasta TiO_2 tersebut kemudian direndam dalam dye hasil campuran

ekstraksi kunyit putih dan buah murbei hingga terbentuk struktur sandwich untuk DSSC. Hasil pengujian DSSC menggunakan solar simulator menunjukkan nilai arus sebesar 0,000315 mA dan tegangan sebesar 0,002 mV.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia Widyastuti, E., Riantiarna, R., Kurniawati, W., & PGRI Yogyakarta, U. (2024). Efektivitas Panel Surya Sebagai Cadangan Pengganti Energi Listrik Skala Rumahan. *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(2), 256–260. <https://doi.org/10.62017/tektonik>
- Adu, R. E. Y., Gelyaman, G., & Kabosu, M. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Antosianin dari Limbah Kulit Bawang Merah (*Allium cepa*) sebagai Zat Pemeka (Sensitizer) pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 103. <https://doi.org/10.20961/alchemy.18.1.56104.103-111>
- Dahyunir d, Tjiauw s, Hermansyah A. (2016). Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Sensitizer Dye Alami Daun Pandan, Akar Kunyit, Dan Biji Beras Merah (Black Rice) . *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol 8 No 1.
- Grätzel, M. (2006). Photovoltaic performance and long-term stability of dye-sensitized meosocopic solar cells. *Comptes* <https://doi.org/10.1016/j.crci.2005.06.037>
- Ghann, W., Kang, H., Sheikh, T., Yadav, S., Chavez-Gil, T., Nesbitt, F., & Uddin, J. (2017). Fabrication, Optimization and Characterization of Natural Dye Sensitized Solar Cell. *Scientific Reports*, 7(December 2016), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep41470>
- Ilahi, N. A., & Sumardiasih, S. (2020). Ekstraksi Pewarna Alam Berbahan Kunyit, Nanas Kerang, Lumut, dan Kol Merah Serta Aplikasinya dalam Analisis Fotokimia. *Jurnal Pengendalian Pencemaran*. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i1.151>
- Lestari, E. A. I., & Setiarso, P. (2021). Studi Elektrokimia Ekstrak Betalain Umbi Bit Sebagai Pewarna Alami Dssc (Dye Sensitized Solar Cell). *Unesa Journal of Chemistry*, 10(3), 318–325. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n3.p318-325>
- Wahyuningsih, S., Ramelan, A. H., Fuad, M., & Hanif, Q. A. (2020). Sintesis Grafena Oksida Tereduksi Terdoping Nitrogen Dan Sulfur Dari Amonium Tiosianat Sebagai Elektroda Lawan Pada Sistem Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 126. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.34587.126-139>