

PEMBUATAN PROTOTYPE *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) DENGAN SENSITISER ALAMI EKSTRAK BUNGA TELANG (*Clitoria ternatea* L.)

Lutvi Fitriani¹, Refpo Rahman*¹

¹Program Studi D3 Laboratorium Sains, FMIPA, Universitas Bengkulu
e-mail*¹: refporahman@unib.ac.id

Submitted: 29 Juni 2024; Revised: 30 Juni 2024; Accepted: 30 Juni 2024; Published: 30 Juni 2024

ABSTRAK

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan semikonduktor berlapis pewarna untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *prototype* DSSC serta mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan dari *dye* bunga telang (*Clitoria ternatea* L.). Penelitian ini menggunakan metode pencampuran antara *dye* dan pasta TiO₂ secara langsung, elektrolit perasan lemon, serta elektroda karbon. Seluruh komponen bahan penyusun di tumpuk dengan menggunakan teknik *sandwich* dan dijepit penjepit kertas di bagian sampingnya. Pengukuran karakteristik I-V dilakukan dari pukul 10.30 – 12.30 WIB dengan kondisi cuaca cerah menggunakan alat multimeter digital. Hasil dari pengukuran diperoleh nilai arus yang paling tinggi adalah 14.43 μ A dan tegangan paling tinggi 145,7 mV. Daya maksimal yang dihasilkan dari rangkaian DSSC sebesar 2,102 μ Watt. Secara keseluruhan penelitian DSSC dengan sensitiser alami bunga telang berpotensi sebagai energi alternatif menggunakan energi surya.

Kata kunci: DSSC, *dye* bunga telang (*Clitoria ternatea* L.), sel surya, *prototype*

ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a photoelectrochemical solar cell that uses dye-coated semiconductors to produce electricity. This research aims to create a DSSC prototype and measure the current and voltage produced from butterfly pea flower dye (*Clitoria ternatea* L.). This research uses a direct mixing method between dye and TiO₂ paste, lemon juice electrolyte, and carbon electrodes. All components are stacked using the sandwich technique and clamped with a paper clip on the side. Measurements of I-V characteristics were carried out from 10.30 – 12.30 WIB in sunny weather conditions using a digital multimeter. The results of the measurements showed that the highest current value was 14.43 μ A and the highest voltage was 145.7 mV. The maximum power generated from the DSSC circuit is 2,102 μ Watt. Overall, DSSC research with natural sensitizers of butterfly pea flowers has the potential as alternative energy using solar energy.

Keywords: DSSC, telang flower dye (*Clitoria ternatea* L.), solar cell, *prototype*

PENDAHULUAN

Ketergantungan terhadap energi sekarang ini semakin meningkat, namun sumber produksi energi tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan di abad ini adalah listrik. Namun penyedia energi listrik berasal dari bahan bakar fosil yang bersifat tidak stabil, energi pembangkit listrik terbesar di Indonesia yaitu PLTU dengan bahan bakar fosil batu bara. Berdasarkan laporan *Encyclopaedia Britannica* (2015), sejak awal abad ke-21 sekitar 80% energi yang digunakan manusia adalah bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil adalah sumber energi tak terbarukan yang terbatas dan menipis sementara bahan bakar fosil terbentuk dari fosil makhluk mati yang terkubur jutaan tahun yang lalu. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia memperkirakan cadangan batubara hanya mencukupi untuk 147 tahun kedepan.

Beberapa pembangkit listrik menggunakan tenaga air, angin, dan nuklir dalam meningkatkan

pasokan energi, akan tetapi ini masih kurang karena kebutuhan manusia tidak pernah cukup. Fenomena ini mendorong berkembangnya inovasi pemanfaatan energi alternatif yang melimpah dan murah, salah satunya berasal dari energi matahari. Sinar matahari merupakan sumber daya alam yang sangat besar dan tidak akan habis di era kehidupan sekarang., banyak inovasi untuk menciptakan teknologi yang memanfaatkan energi sinar matahari, salah satunya dengan teknologi sel surya atau photovoltaic, yang bekerja dengan prinsip energi sinar matahari diubah menjadi listrik yang dihasilkan dalam sel surya (Gunawan, 2015).

Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya, dibedakan menjadi 3 yaitu, sel surya yang terbuat dari silikon tunggal dan multi kristal, sel surya tipe lapis tipis, dan sel surya berbasis zat warna (DSSC) merupakan terobosan baru dalam *solar cell* dengan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan sel surya konvensional (silikon). DSSC ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Swiss. DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO_2 , molekul dye yang teradsorpsi di permukaan TiO_2 , dan katalis yang semuanya di deposisi diantara dua kaca konduktif (Hardianti *et al.*, 2019).

DSSC memiliki karakteristik yang berbeda dengan generasi sel surya lainnya yaitu melibatkan zat pewarna (*dye*) yang mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar dan sesuai dengan pita energi semikonduktor TiO_2 yang teradsorpsi zat pewarna seperti dye yang mengandung antosianin. Antosianin adalah pigmen warna golongan flavonoid dan bisa digunakan sebagai sensitizer (Zahrok dan Prajitno, 2015). Bunga dan buah merupakan sumber yang dapat menghasilkan kandungan antosianin. Salah satu bunga yang menghasilkan antosianin adalah bunga telang Bunga (*Clitoria ternatea* L.). Bunga ini biasanya merambat di hutan dan pekarangan rumah untuk digunakan sebagai tanaman hias. Kandungan kimia dari bunga telang meliputi antosianin, flavonoid glikosida dan senyawa volatil. Antosianin ini berfungsi sebagai menyerap cahaya matahari pada prototype DSSC. Komponen dari bunga ini yang memiliki tampilan berwarna ungu yang menarik adalah antosianin (Kuswindayanti, 2020).

Pemanfaatan bunga telang sebagai zat pewarna (*dye*) pada DSSC telah banyak diteliti. Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Roviqoh dan Kusumawati (2022), dengan menggunakan hasil ekstrak bunga telang dan daun pisang sebagai *dye* menghasilkan efisiensi sebesar 2,88%, besar tegangan yang diperoleh sebesar 387 mV dan arus sebesar $2,6 \times 10^{-3}$ mA, sedangkan penelitian Safitri dan Kusumawati (2022), meneliti tentang DSSC dengan menggunakan kayu secang dan bunga telang sebagai *dye* dari DSSC menghasilkan efisiensi sebesar 2,98%, besar tegangan yang diperoleh sebesar 350 mV dan arus sebesar $2,47 \times 10$ mA.

Penelitian DSSC ini bertujuan untuk mempelajari untuk mempelajari sifat kelistrikan dari sel surya DSSC dengan menggunakan bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai sensitizer zat pewarna pada DSSC.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain multimeter digital, lux meter, kabel konektor, mortal, batang pengaduk, *hotplate stirrer*, kabel penjepit buaya, transistor 50 k Ω , neraca analitik, gelas ukur 50 ml, pipet tetes, botol semprot, penjepit buaya dan penjepit kertas. Sedangkan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca ITO, simplisia bunga telang, TiO_2 , metanol, aquades, lilin, dan lemon.

Ekstraksi Dye Bunga Telang

Bunga telang yang telah dikeringkan disortasi dan dihaluskan dengan blender. Ayakan 10 mesh digunakan untuk mendapatkan serbuk simplisia yang lebih halus dan mudah untuk dilarutkan. Serbuk simplisia yang sudah halus ditimbang sebanyak 0.5 g dengan mencampurkan larutan methanol sebanyak 10 ml. Tunggu hingga 15 menit, saring ekstraksi bunga telang dengan kertas saring. Tutup gelas kimia yang berisikan ekstraksi bunga telang dengan aluminium foil untuk

digunakan dalam pembuatan pasta.

Pembuatan Pasta TiO₂

Pembuatan pasta dapat dilakukan dengan menimbang serbuk TiO₂ sebanyak 2.37 g dan larutkan dengan menggunakan ekstrak bunga telang yang telah dibuat sebelumnya. *Milling* campuran TiO₂ dan larutan *dye* selama 30 menit hingga menjadi pasta. Untuk mendeposisikan pasta pada kaca Indium Tin Oxide (ITO), terlebih dahulu tempatkan kaca ITO di meja dan batasi kaca bagian kiri, kanan, dan atas dengan *scotch tape* sekitar 3 mm. Deposisikan pasta TiO₂ di atas kaca ITO secara merata. Diamkan selama 15 menit di suhu ruangan dan panaskan kaca di atas *hotplate stirrer* selama 30 menit dengan suhu 200⁰C.

Larutan Elektrolit

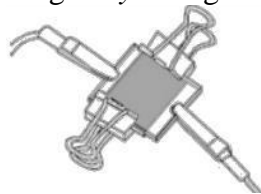
Pembuatan elektrolit dilakukan dengan disiapkan buah lemon dibersihkan lalu di belah menjadi dua bagian, kemudian diperas dan disaring setelah itu disimpan pada botol tertutup.

Elektroda Lawan (Karbon)

Selain kaca ITO yang terdeposisi semikonduktor TiO₂ sebagai elektroda kawan. Kaca ITO yang dilapisi karbon dapat bertindak sebagai elektroda lawan. Pembuatan elektroda lawan yaitu dengan menyalakan api lilin, kaca konduktif ITO dipanaskan diatas api lilin hingga seluruh bagian kaca konduktif menghitam/ gelap. Bersihkan bagian kiri, kanan, dan atas menggunakan *cutton bud*.

Perakitan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Setelah seluruh bahan penyusun DSSC telah siap. Langkah selanjutnya merakit DSSC dengan menggunakan metode *sandwich*. Kaca ITO yang bertindak sebagai elektroda lawan dan kawan di tumpuk seperti pada gambar 1. Setelah itu, berikan penjepit kertas di bagian sampingnya untuk menyatukan semua komponen DSSC. Teteskan perasan lemon di salah kaca dengan menggunakan pipet tetes. Kemudian, sel surya DSSC dengan *dye* bunga telang siap untuk diuji sifat kelistrikan



Gambar 1. Perakitan DSSC dengan Menggunakan Metode *Sandwich*

Pengukuran Karakteristik I-V dari DSSC

Pengujian data dilakukan di bawah sinar matahari dari jam 10:00-13:00 WIB dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan dengan prototype DSSC untuk mengukur arus dan tegangan pada DSSC yang telah dibuat. Sebelum mengukur kedua sisi kaca ITO pada DSSC dijepit dengan penjepit buaya lalu dirangkai. Kaca ITO yang diberi karbon sebagai positif (+) dan kaca ITO dengan semikonduktor TiO₂ + *dye* sebagai negatif (-). Tegangan diukur dengan merangkai rangkaian DSSC dan multimeter secara paralel. Sedangkan, arus listrik diukur menggunakan rangkaian seri menghubungkan DSSC dengan menambahkan beban potensiometer sebesar 50 k Ω .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran sifat kelistrikan DSSC dilakukan di bawah sinar matahari langsung seperti pada gambar 2. Pemanfaatan DSSC ini menggunakan prinsip pada proses fotosintesis dengan *dye* berperilaku seperti klorofil yang menyerap cahaya matahari dan memproduksi pembawa (*carrier*) (Sriwijayati dan Ngaderman, 2018). Berdasarkan hasil pengujian DSSC dengan menggunakan bunga telang menunjukkan adanya sifat kelistrikan. Dimana, Sel surya (DSSC) berhasil mengkonversi energi surya menjadi energi listrik yang di tunjukan dengan nilai arus dan tegangan yang terukur di multimeter digital. Hasil pengukuran arus dan tegangan dapat dilihat pada tabel 1.



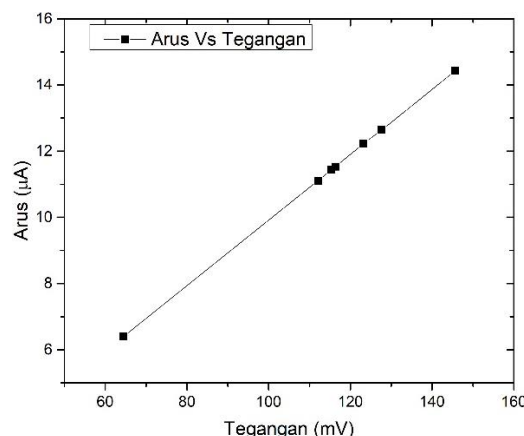
Gambar 2. Proses pengujian arus dan tegangan dari DSSC dengan multimeter Digital

Tabel 1. Hasil Pengukuran arus, tegangan dan daya DSSC

Pengulangan ke-	Waktu (WIB)	I (μA)	V (mV)	P (μWatt)
1	10:30	6,40	64,5	0,416
2	10:50	11,11	112,1	1,245
3	11:10	12,23	123,2	1,423
4	11:30	11,53	116,4	1,342
5	11:50	11,43	115,3	1,317
6	12:10	14,43	145,7	2,102
7	12:30	12,64	127,7	1,614

Seperti yang dilihat pada tabel 1 didapatkan nilai arus berturut-turut 6.40 μA , 11.11 μA , 12.23 μA , 11.53 μA , 11.43 μA , 14.43 μA dan 12.64 μA dan nilai tegangan berturut-turut 64.5 mV, 112.1 mV, 123.2 mV, 116.4 mV, 115.3 mV, 145.7 mV, dan 127.7 mV. Dari hasil pengukuran ini nilai arus dan tegangan yang paling tinggi didapatkan pada saat jam 12.10 WIB dengan nilai arus 14.43 μA dan nilai tegangan 145.7 mV. Data pengukuran menunjukkan hasil yang bervariasi naik dan turun sesuai kondisi cuaca pada saat pengukuran. Apabila keadaan cuaca mendung maka nilai arus dan tegangan menurun akibat intensitas cahaya matahari berkurang.

Selanjutnya, untuk mempelajari sifat kelistrikan dari DSSC dengan *dye* bunga telang dibuat grafik karakteristik I-V berdasarkan nilai terkecil dan terbesar. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Arus dan Tegangan

Berdasarkan penelitian Misbachudin (2014), menyatakan bahwa semakin tinggi arus maka semakin tinggi pula nilai tegangan. Pernyataan tersebut sesuai dengan grafik yang telah di buat berdasarkan hasil pengukuran arus dan tegangan. Terlihat pada gambar 3, *trend* yang dihasilkan sangat baik nilai arus dan tegangan menunjukkan linieritas dengan hasil daya yang selaras.

Berdasarkan hasil perhitungan daya, daya rata-rata yang dihasilkan dari DSSC ini sebesar 1.351 μ W. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian lainnya saat mengukur nilai arus dan tegangan. Hasil yang diperoleh belum terlalu baik, seperti penelitian Roviqoh dan Kusumawati (2022) dengan menggunakan ekstraksi bunga telang menghasilkan nilai arus 2.6×10^{-3} mA dan tegangan 387 mV. Penelitian lainnya, nilai arus 0.481 mA dan tegangan 0.539 V (Hayat et al, 2019). Perbedaan hasil pengukuran karena banyak faktor yang menyebabkan seperti semikonduktor TiO₂ (Trianiza, 2018), pelapis elektroda lawan (Yuri dan Dwandaru, 2016), elektrolit dan zat pewarna (*dye*) (Maulina et al, 2014).

KESIMPULAN

DSSC *dye* ekstrak bunga telang menunjukkan sifat kelistrikan yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik. Nilai arus dan tegangan rata-rata yang dihasilkan pada rangkaian DSSC diperoleh sebesar 11.38 μ A dan 115 mV. Efisiensi dari DSSC dapat ditingkatkan dengan memperhatikan lapisan TiO₂, zat pewarna, elektrolit dan elektroda lawan. Sehingga, menghasilkan nilai arus dan tegangan yang besar. Hasil pengukuran ini memberikan gambaran untuk dapat ditingkatkan kedepannya sebagai energi alternatif sel surya DSSC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada pembimbing penulis yaitu bapak Rahman, S.Pd., M.Si yang telah membimbing penulis. Serta terima kasih kepada orang tua, sahaabat serta teman seperjuangan atas motifasi dan semangat selama penulis menyusun jurnal ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada program studi D3 Laboratorium Sains yang telah memberikan fasilitas untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, B. (2015). Karakterisasi Arus Dan Tegangan (I-V) Pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan TiO₂ Terdoping Nitrogen Menggunakan Dye Sensitizer N749. Thesis. SF 142502:7-14
- Hardianti, Dwioknain, E., Tahir, D. Gareso, P. L. (2019). Pembuatan Prototipe DSSC Menggunakan *Dye* Bunga Pacar Air (*Impaties balsamina L.*) dan Bunga Kertas (*Bougenville spectabilis*). Jurnal Fisika Flux. 16(2): 124128
- Hayat, A., Putra, A,W,E., Amaliyah, N., Pandey, S,S. (2019). *Clitoria ternatea* flower as natural dyes for Dye-sensitized solar cells. IOP conference series: Material Science and Engineering. 619 (012049). 1-6.
- Kuswindayanti, N. M. (2020). Efek Anti inflamasi Topikal Ekstrak Etanol Bunga Telang (*Clitoria ternatea L.*) Terhadap Jumlah Sel Neutrofil dan Ekspresi COX-2 Pada Kulit Mencit Terinduksi Karagenin. Skripsi. Universitas Sanata Dharma
- Maulina, A., Hardeli., Bahrizal. (2014). Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan ekstrak antosianin kulit buah manggis. Jurnal Saintek. Vol. VI. No.2:158-167.
- Misbachudin, M.C., Rondonuwu, F. S., Sutresno, A. (2014). Pengaruh pH Larutan Antosianin dalam *Prototipe* DSSC. Jurnal fisika dan aplikasinya. 10(2):12-24
- O'Regan, B. and Grätzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. Nature, 353(6346)
- Roviqoh, A. dan Kusumawati, N. (2022). Optimasi pH kombinasi ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) dan Daun Pisang Kering (*Musa acuminata*) sebagai nature *dye sensitizer* pada rangkaian DSSC. Prosiding seminar nasional kimia (SNK). 29-31
- Safitri, R. N. dan Kusumawati, N. (2022). Pengaruh Kombinasi Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sapan L.*) Dan Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Pada pH Asam Dan Basa Sebagai *Sensitizer* Alami Terhadap Efisiensi DSSC. Prosiding seminar nasional kimia (SNK). 19-21
- Sriwijayati, E. S. and Ngaderman, H. (2018). 'Eksperimen Dengan Menggunakan Teknik Deposisi Spin Coater dan Pemodelan DSSC Buah Senduduk Dalam Menentukan Karakteristik dan Efisiensi'. Journal Online of Physics, 2(2), pp. 11–16.

- Trianiza, I. (2018). Analisis Ekstrak Kulit Buah Kasturi sebagai DSSC dengan Variasi Luas Permukaan Semikonduktor. Jurnal JIEOM. Vol.1, No. 2: 39-41.
- Zahrok, Z. dan Prajitno, G. (2015). Ekstrak Buah Murbei (Morus) sebagai Sensitizer Alami DSSC menggunakan Subrat kaca ITO dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. Sains dan Teknologi. 4(1): 23-26.