

Bidang: Teknik Manufaktur Industri Agro Topik: Konversi, Simulasi, & Pemodelan Energi Energi Terbarukan

PENGARUH ZAT PEWARNA ALAMI UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI KERJA *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN EKSTRAK BUAH MERAH (*PANDANUS CONOIDEUS LAMK*)

**Masbin Dahlan
Politeknik ATI Makassar
masbin.dahlan@atim.ac.id**

ABSTRAK

Indonesia khususnya Kota Makassar memiliki potensi besar terkait energi matahari/ energi surya yang dapat digunakan dalam keseharian manusia. Salah satu pengaplikasiannya adalah dengan penggunaan teknologi sel surya. Sel surya generasi ketiga yang ramah terhadap lingkungan dan tentunya hemat biaya adalah sel surya peka-pewarna (DSSC). Penelitian ini dimaksudkan bertujuan untuk mengetahui pengaruh efisiensi dari kinerja DSSC yang dibuat dengan menggunakan pewarna buah merah alami (*Pandanus conoideus Lamk*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah prosedur eksperimental dengan menggunakan model sederhana yang nantinya di rakit menjadi komponen DSSC berupa lapisan substrat kaca, pewarna organik, elektrolit, lapisan konduktif transparan, dan elektroda. Pengujian dilakukan langsung di bawah terik matahari sehingga sinar matahari tegak lurus dengan permukaan DSSC. Hasil pengujian DSSC menunjukkan dengan nilai tegangan 0.022 mV, arus 2.561 mA, daya 0.0481 W dan efisiensi sebesar 0.00009710%.

Kata kunci: Energi surya, kaca konduktif, DSSC, buah merah, efisiensi

ABSTRACT

Indonesia, especially Makassar City, has great potential related to solar energy/solar energy that can be used in human daily life. One application is the use of solar cell technology. The third generation solar cells that are environmentally friendly and certainly cost effective are dye-sensitive solar cells (DSSC). This study was intended to determine the effect of efficiency on the performance of DSSC made using natural red fruit dye (*Pandanus conoideus Lamk*). The method used in this study is an experimental procedure using a simple model which will be assembled into DSSC components in the form of a glass substrate layer, organic dyes, electrolytes, transparent conductive layers, and electrodes. The test is carried out directly under the hot sun so that the sunlight is perpendicular to the surface of the DSSC. The results of the DSSC test show a voltage value of 0.022 mV, a current of 2.561 mA, a power of 0.0481 W and an efficiency of 0.00009710%.

Keywords: Solar energy, conductive glass, DSSC, red fruit, efficiency

PENDAHULUAN

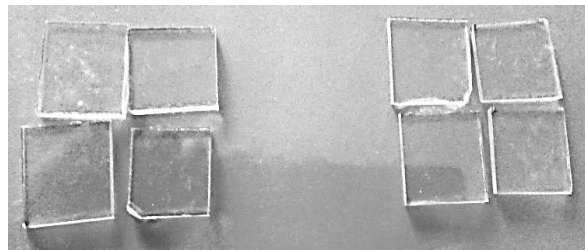
Provinsi Sulawesi Selatan khususnya kota Makassar, mempunyai berbagai sumber energi terbarukan yang mempunyai dan dapat di kembangkan serta di dimanfaatkan, seperti pembangkit listrik bertenaga surya, energi angin dan energi biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik [1]. Dari kenyataan tersebut, bagaimanapun energi surya dan biomassa memiliki potensi yang terbilang besar. Hal itu disebabkan karena bahan baku yang digunakan dan luas lahan yang ada di Provinsi Sulawesi selatan khususnya kota Makassar sangat melimpah, serta intensitas sinar matahari yang terbilang cukup. Energi matahari yang bersinar setiap bulannya di kota Makassar dengan insolasi rata-rata 6,68 kWh/m²/d dan mencapai maksimum pada bulan Juli hingga Oktober sebesar 7,53 kWh/m²/s [2]. Intensitas pancaran matahari yang dihasilkan cenderung lebih stabil sehingga sangat baik untuk pemanfaatan energi surya. Radiasi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan penggunaan photovoltaics (PV) [4]. PV adalah prototype semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Besarnya Jumlah foton yang ditangkap oleh PV tersebut ketika disinari pada panjang gelombang tertentu. Berdasarkan perkembangan teknologi yang sudah ada saat ini, PV dapat dibagi menjadi tiga jenis, yakni sel surya peka pewarna (DSSC), sel PV silikon tunggal, silikon polycrystalline, sel surya film tipis, dan sel PV peka warna [5].

DSSC adalah teknologi PV generasi ke-3 yang dikembangkan oleh para peneliti. Ini pertama kali dikembangkan oleh Gratzel dan O'regan pada tahun 1991. Mereka menciptakan pola seperti DSSC (fotosintesis buatan) yang menerangkan bagaimana tanaman dapat memproses makanan. Dewasa ini DSSC telah dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai tingkat efisiensi kerja yang tinggi sehingga dapat diproduksi dalam skala yang besar. Komponen inti dari DSSC yang dapat meningkatkan efisiensinya adalah adanya tambahan zat warna (pewarna alami) sebagai media yang dapat menyerap energi foton yang dipancarkan oleh matahari. Pigmen alami ini biasanya terdapat pada pohon, bunga, daun dan buah tanaman yang mengandung antosianin dan pigmen yang kuat. Selain itu, DSSC memiliki biaya produksi yang relative rendah dan ramah terhadap lingkungan [6]. Salah satu perkebunan yang potensialnya tinggi yang sedang dikembangkan adalah budidaya tanaman buah merah (*Pandanus conoideus*). Masyarakat perkebunan setempat menghasilkan buah merah tersebut sebagai makanan yang dapat dikonsumsi untuk tujuan pengobatan dan juga diolah menjadi minyak. Jenis tumbuhan ini memiliki potensi zat antosianin yang tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk pengembangan teknologi DSSC sebagai pewarna alaminya [7].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode observasi dan pembuatan yang diuraikan dalam beberapa tahapan yakni: Tahapan persiapan, tahapan penyiapan alat dan bahan, tahapan pembuatan, tahapan pengujian serta tahapan evaluasi kinerja. Rangkaian penelitian dilakukan pada bulan Februari 2022 – Juli 2022. Di mulai dari pembuatan dan pengujian DSSC dilakukan di Laboratorium Material Politeknik ATI Makassar, dan di lanjutkan dengan pengambilan sampel ekstrasi buah merah sebagai zat pewarna alami.

Adapun alat dan bahan yang digunakan: Arduino Nano Set (Pengukuran), Multimeter, Kompor Portable, Aligator clip, Scotch tape, Tweezers, Pipettes, Pencil, Small binder clip, Kaca ITO (Indium tin oxide), TiO_2 (Titanium Dioxide) paste, H_2O , Ekstrak sari Buah Merah.



Gambar 1. Kaca konduktif

Tahap Fabrikasi merupakan tahapan-tahapan pembuatan DSSC yang dilaksanakan sebagai berikut: Melakukan persiapan substrat (kaca konduktif dengan berukuran 3 cm x 3 cm), Selanjutnya Pembuatan Pasta TiO_2 : Untuk pembuatan pasta TiO_2 , etanol kemudian ditambahkan pada bubuk pasta TiO_2 , selanjutnya campuran tersebut diaduk secara merata dan nantinya menjadi pasta TiO_2 . Setelah itu perakitan DSSC yang dimulai dengan: pengukuran konduktivitas dan transmitansi pada ke 2 bagian kaca hingga nantinya didapatkan bagian yang terbaik, Kemudian ditempelkan selotip/isolasi pada sisi kaca ITO sebagai pembatas dengan jarak ± 6 mm. Selanjutnya TiO_2 ditempatkan diatas permukaan pada kaca ITO yaitu menggunakan metode yakni meratakan diatas permukaan kaca konduktif, lalu lapisan tersebut didiamkan selama ± 4 menit. Kemudian dilakukan pemanasan pada kompor portable atau dapat dijemur di sinar matahari selama sekitar ± 30 menit. Setelah heater (pemanasan) dilakukan pada kaca yang dilapisi lapisan TiO_2 tersebut, selanjutnya dilakukan dye/pewarnaan menggunakan pewarna buah merah yang diletakkan pada permukaan pada lapisan TiO_2 tersebut. Karakterisasi yang terbentuk pada lapisan DSSC tersebut, lalu diukur arus dan tegangannya dengan menggunakan alat perangkat Arduino.



Gambar 2. Pelapisan zat pewarna

Selanjutnya melakukan pengujian DSSC dengan jalan: Pengujian sampel DSSC yang telah dibuat dilakukan langsung dibawah sinar matahari. Sinar matahari yang diarahkan tegak lurus ke permukaan sel DSSC. Setiap sampel DSSC diuji dengan lama waktu penyinaran 30 menit. Adapun parameter yang diukur adalah: Intensitas, waktu penyinaran, temperatur sel DSSC, temperatur lingkungan, Arus dan tegangan yang dihasilkan. Tahap evaluasi kinerja merupakan analisa lanjutan dari hasil pembuatan DSSC yang telah dibuat sebelumnya. Parameter-parameter yang telah diketahui: (Intensitas, waktu penyinaran, temperatur sel DSSC, temperatur lingkungan, Arus dan tegangan yang di bangkitkan) akan dihitung berapa besar daya keluaran serta efisiensi yang dihasilkan. Data-data hasil pengujian akan tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel.

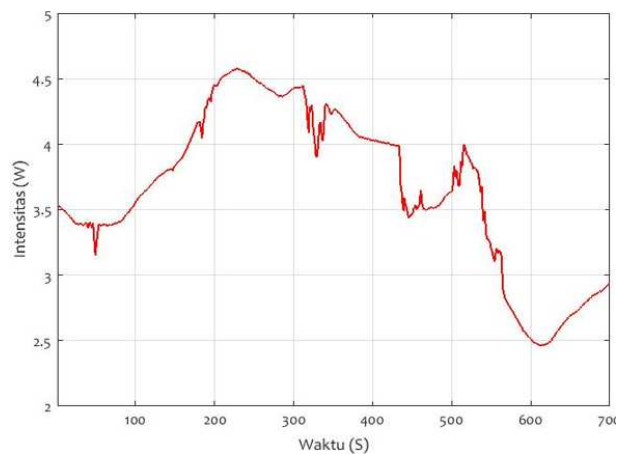
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian DSSC

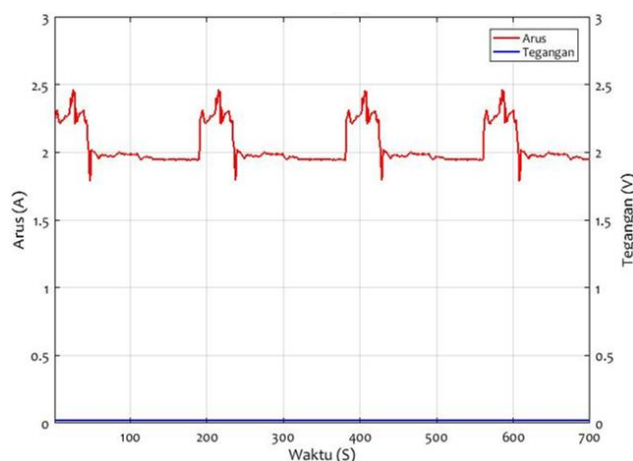
Hasil pembuatan DSSC ini kemudian akan disajikan dalam tahapan tahapan yakni: pelapisan elektroda TiO_2 , pembuatan kaca konduktif, ekstraksi zat warna (perendaman ekstrak buah merah dalam gelas konduktif), dan hasil uji pengukuran.

Pertama, cari cara untuk mengukur hambatan satu sisi kaca dengan multimeter, kemudian melakukan perataan pada kaca konduktif yang sebelumnya telah dilapisi dengan pasta TiO_2 di permukaannya, selanjutnya melakukan pemanasan kaca dalam oven portabel, dan segera dinginkan setelah dipanaskan. Untuk kaca, karbon kemudian dilekatkan pada elektroda lawan dan dibakar dalam nyala api lilin. Selain itu, direkatkan kedua gelas, klem kaca dari sisi ke sisi, dan tambahkan elektrolit. Setelah itu, perakitan DSSC-nya seperti yang diproduksi siap untuk diuji di bawah sinar matahari.

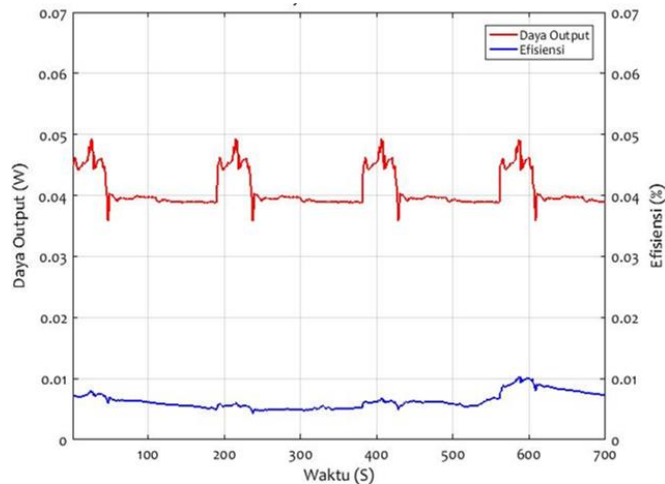
Hasil pengujian DSSC terdiri dari 5 sampel yang terbuat dari komponen semikonduktor dan pewarna alami (pewarna) dari buah merah. Proses pengujian dan pengukuran menggunakan perangkat Arduino Set (real-time sensor) yang dihubungkan ke laptop. Pengukuran dilakukan pada setiap sampel selama 30 menit di bawah terik sinar matahari langsung. Data hasil pengujian ditampilkan dalam format grafik. Parameter data awal yang diukur adalah intensitas, arus, tegangan, dan temperatur, kemudian dilanjutkan ke analisis dan perhitungan daya dan efisiensi untuk mengetahui kinerja masing-masing DSSC. Setiap sampel DSSC ditampilkan dalam bentuk gambar grafik yang berisi hingga tujuh bagian yang terdiri dari: Diagram arus dan tegangan. dan grafik kinerja dan efisiensi. Setiap grafik menampilkan data yang dipengaruhi waktu.



Gambar 3. Grafik intensitas DSSC



Gambar 4. Grafik arus dan tegangan



Gambar 5. Grafik daya dan efisiensi DSSC

Pembahasan Hasil Pengujian

Kinerja DSSC dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu I_{sc} (arus hubung singkat), V_{oc} (tegangan rangkaian terbuka), dan A luas permukaan sel surya yang disinari. I_{sc} adalah arus hubung singkat yang terjadi pada saat tegangan nol atau mendekati nol. Arus ini sama dengan jumlah foton yang diubah menjadi pasangan elektron-lubang. Semakin banyak elektron yang tereksitasi, semakin besar dayanya. V_{oc} adalah nilai tegangan saat tidak ada arus yang mengalir. Ini karena semua rangsangan adalah rekombinasi dan oleh karena itu tidak ada arus yang mengalir di DSSC. FF adalah rasio daya maksimum (P_{max}) terhadap arus kontak (I_{sc}) dan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}). Faktor pengisian meningkat dengan meningkatnya mobilitas elektron. Ketika mobilitas elektron meningkat, arus meningkat. Absorbansi dipengaruhi oleh kandungan antosianin yang ada dalam larutan dan diserap (diadsorpsi) pada permukaan TiO_2 . Kandungan antosianin sebanding dengan cahaya yang diserap (absorbansi).

Dari hasil pengujian menunjukkan nilai dengan daya keluaran 0,0481 W dan efisiensi 0,00009710%. Hasil ini tidak mencapai nilai efisiensi 0,9% dari DSSC komersial yang telah dipasarkan. Biasanya disebabkan oleh beberapa faktor seperti konduktivitas kaca konduktif, ketebalan pada permukaan lapisan TiO_2 dan penggunaan cairan elektrolit yang berlebihan. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dan data yang diperoleh sebelumnya, tegangan yang dihasilkan sudah terlihat baik, namun arus yang dihasilkan belum optimal. Hal ini dikarenakan resistansi DSSC sangat tinggi yang dapat menyebabkan elektron yang diinjeksikan oleh dye/pewarna mengalami gangguan, sehingga jumlah elektron yang masuk sangat rendah dan kemampuan dye untuk menghasilkan dan menginjeksikan elektron tidak dapat maksimal. Hal ini dikarenakan sumber cahaya yang digunakan tidak stabil. Itu juga dapat berpengaruh. Intensitas memiliki dampak yang sangat besar pada daya keluaran yang dihasilkan DSSC. Tersebut. Semakin besar intensitasnya, semakin besar jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan semakin besar arus yang dihasilkan. Selain itu, tegangan keluaran yang juga tidak stabil juga disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu ukuran partikel dan ketebalan pasta TiO_2 yang terdeposisi pada kaca konduktif, waktu perendaman dalam zat warna, dan penggunaan elektrolit.

Pada sel surya tersensitisasi dengan zat warna, tegangan yang diperoleh merupakan selisih antara konduktivitas elektroda semikonduktor TiO_2 dan potensial elektrokimia elektrolit redoks, dan arus diperoleh dengan jumlah foton dalam proses konversi, tergantung pada intensitas radiasi dan pewarna yang digunakan. Berdasarkan hasil data yang diperoleh, diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan sangat baik, namun arus yang dihasilkan tidak optimal. Hal ini dikarenakan hambatan DSSC masih sangat tinggi dan elektron yang diinjeksikan oleh dye dipengaruhi oleh hambatan tersebut, sehingga jumlah elektron yang mengalir rendah dan fungsi dye dalam proses elektronika tidak optimal. generasi dan injeksi. Lapisan elektroda dan sumber cahaya yang digunakan juga berperan. Intensitas memiliki dampak besar pada daya keluaran DSSC. Semakin besar intensitasnya, semakin besar jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan semakin besar arus yang dihasilkan. Selain itu, ketidakstabilan tegangan juga disebabkan oleh beberapa faktor: ukuran ketebalan TiO_2 yang diendapkan pada kaca konduktif, waktu perendaman dalam zat warna, dan elektrolit yang diberikan.

Karena kestabilan nilai arus yang dihasilkan sel surya tersensitisasi zat warna masih rendah, maka kita akan menghitung nilai laju pengisian. Pengujian DSSC bukan tanpa masalah. Perakitan dan struktur DSSC yang sederhana menyebabkan volatilisasi, penipisan yang cepat, dehidrasi, dan kristalisasi elektrolit, sehingga memerlukan pengukuran berulang dari suplai elektrolit yang cepat dan berkelanjutan ke DSSC. Selain itu, lapisan TiO_2 masih sangat sederhana dengan metode pemipetan manual,

dan ia dapat dengan mudah menghilangkan TiO_2 setelah lama direndam dalam pewarna. Hambatan terakhir adalah rendahnya arus dan tegangan DSSC yang rendah karena TiO_2 terlarut pada elektroda kerja DSSC. Oleh karena itu, DSSC dengan ekstrak buah merah perlu pengembangan dan penelitian lebih lanjut, terutama untuk meningkatkan nilai efisiensi dan menstabilkan nilai pembangkit listrik.

KESIMPULAN

Fabrikasi Sel Surya Organik Sebuah DSSC terdiri dari dua gelas konduktif yang direkatkan. Kaca konduktif dilapisi dengan pasta TiO_2 dan dicampur dengan etanol. Proses pelapisan TiO_2 pada permukaan kaca konduktif dengan metode pipet mengendapkannya agar merata. Lapisan pewarna kemudian diwarnai dengan buah merah dan dipanaskan diatas kompor portabel selama 10 menit. Kemudian tempelkan kaca konduktif 2 di atas kaca konduktif 1 yang disiapkan sebelumnya, dan oleskan elektrolit ke kedua sisi. Setelah proses bonding, kedua gelas didiamkan selama 5 menit dan siap untuk diuji. Hasil pengujian DSSC menunjukkan dengan nilai tegangan 0.022 mV, arus 2.561 mA, daya 0.0481 W dan efisiensi sebesar 0.00009710%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta karunia yang tidak ternilai harganya dan tak akan mampu terbalas dengan apapun juga. Salam dan shalawat tak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah *shallallahu alaihi wa sallam* atas semua hadits dan sunah – sunahnya yang masih sering penulis ingkari. Sembah sujud dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang telah memberikan kasih sayang tulus dan tanpa pamrih. Karya ini kami persembahkan kepada keduanya sebagai wujud bakti kami kepada mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Goals, *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2018.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, Ebt dan Listrik*. 2017.
- [3] B. P. S. Sulsel, KOTA MAKASSAR 2018. Sulsel, Indonesia, 2018.
- [4] Canada.ca, "RETScreen: Clean Energy Management Software," Government of Canada, 2019. [Online]. Available: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465>. [Accessed: 01-Jun-2020].
- [5] R. A. Messenger, *Photovoltaic Systems Engineering*. 2018.
- [6] I. Primananda and R. D. Rezvovano, "Karakteristik Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Zat Pewarna Alami dari Ekstrak Jantung Pisang," *Met. J. Sist. Mek. dan Termal*, vol. 1, no. 2, p. 99, 2017, doi: 10.25077/metal.1.2.99-108.2017.
- [7] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA: Earthscan. 2005.