

KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN PADA ELEKTRODA KERJA DSSC

Boisandi

UPGRI Pontianak

bsandi2021@gmail.com

Abstrak: Titanium dioksida (TiO_2) dapat dimanfaatkan sebagai elektroda kerja dalam *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Sifat-sifat TiO_2 dinilai sangat menyerupai karakteristik elektroda kerja yang ideal. Elektroda kerja dipersiapkan menggunakan metode *slip casting*. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa faktor pengisi (*fill factor* atau FF) TiO_2 sebagai elektroda kerja dalam DSSC masih terbilang kecil, yaitu 27×10^{-5} . Demikian pula, nilai efisiensi (η) penggunaan TiO_2 untuk tujuan ini juga relatif rendah, yakni sebesar 54×10^{-5} .

Kata kunci: Fill Faktor (FF), efisiensi, TiO_2

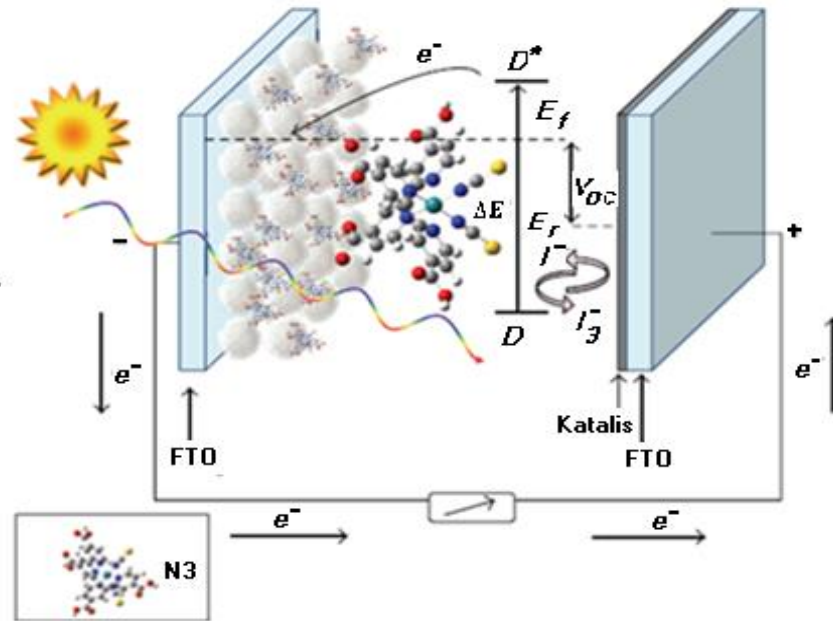
PENDAHULUAN

Pada struktur *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC), elektroda kerja memegang fungsi yang sangat vital. Fungsinya mencakup perantara transfer elektron dan juga sebagai katalis yang mendorong reaksi reduksi pada elektron yang mengalami oksidasi (Boisandi, dkk, 2014). Oleh karena itu, performa keseluruhan dari DSSC sangat bergantung pada penentuan dan pemilihan material yang digunakan untuk elektroda kerja tersebut (Oktaviani dan Nursam, 2019).

Diagram prinsip operasional DSSC ditunjukkan pada Gambar 1. Saat perangkat tersebut terpapar cahaya, molekul zat warna (*dye*) akan menyerap energi foton yang masuk melalui lapisan TCO (*Transparent Conducting Oxide*). Penyerapan energi foton ini menyebabkan elektron pada *dye* mengalami eksitasi.

Elektron yang tereksitasi memiliki dua kemungkinan: kembali ke kondisi dasar (*ground state*) atau diinjeksikan menuju pita konduksi (*Conduction Band* atau CB) pada semikonduktor. Elektron yang terinjeksi kemudian dikumpulkan di anoda, meninggalkan *dye* dalam kondisi teroksidasi (*oxidized state*). Untuk mengembalikan *dye* ke kondisi awalnya, diperlukan proses regenerasi. Regenerasi ini dilakukan melalui iodin, yang bertindak mencegah elektron yang sudah diinjeksikan kembali lagi ke pita konduksi. Ion triiodida terbentuk dari oksidasi ion iodida dan berdifusi melalui elektroda kerja.

Titanium dioksida TiO_2 adalah material pilihan yang dapat dimanfaatkan sebagai elektroda kerja dalam Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna (*Dye-Sensitized Solar Cell* atau DSSC). Pemilihan ini didasarkan pada fakta bahwa TiO_2 memiliki sifat-sifat yang sangat mirip dengan kriteria elektroda kerja yang ideal (Oktaviani dan Nursam, 2019). Keunggulan lainnya adalah TiO_2 bersifat inert, artinya tidak mudah bereaksi atau berinteraksi dengan bahan-bahan kimia lain dalam sistem (Chadijah, dkk, 2014).



Gambar. 1 Proses Transfer Elektron Pada DSSC

Pemanfaatan Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna (DSSC) sangat bergantung pada nilai faktor pengisi (*fill factor*), yang pada akhirnya menentukan seberapa besar peningkatan efisiensi yang dapat dicapai oleh sel surya tersebut. Kuantitas energi listrik yang dihasilkan oleh DSSC dapat diukur melalui nilai efisiensinya. Efisiensi ini dipengaruhi oleh dua faktor utama: daya serap cahaya (absorbansi) dari material yang digunakan, dan kemampuan material tersebut dalam mentranspor elektron (Nurussaniah, dkk. 2018). Berdasarkan hal ini, penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja titanium dioksida (TiO_2) saat digunakan sebagai elektroda kerja dalam DSSC.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan faktor pengisi (FF) dan efisiensi (η) dari TiO_2 ketika diaplikasikan sebagai elektroda lawan (*counter electrode*) dalam DSSC. Modifikasi terhadap konsentrasi TiO_2 diharapkan dapat memberikan hasil efisiensi yang maksimal.

METODE

Tahapan penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu Persiapan alat dan bahan – preparasi elektroda kerja – optimasi elektroda kerja- analisis dan Kesimpulan.

Langkah Awal Penelitian (Persiapan)

a. Persiapan Alat

Sebelum penelitian dimulai, tahap awal yang krusial adalah penyiapan alat dan bahan. Untuk alat-alat yang akan digunakan, dilakukan serangkaian proses pembersihan intensif. Tujuannya adalah memastikan alat tersebut bebas dari kontaminan yang berpotensi memengaruhi baik struktur maupun komposisi bahan yang diteliti. Prosedur pembersihan detail meliputi:

Pengumpulan semua peralatan yang dibutuhkan.

Pencucian awal menggunakan sabun, diikuti dengan pembilasan menyeluruh menggunakan air bersih.

Dekontaminasi lanjutan menggunakan etanol dan alat *ultrasonic cleaner* selama kurang lebih 15 menit. Langkah ini bertujuan menghilangkan residu yang tidak terlihat mata (*noda mikroskopis*).

Pengeringan alat-alat yang telah dibersihkan menggunakan *hair dryer*.

Persiapan Bahan

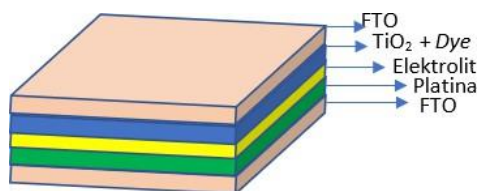
Setelah peralatan siap, dilanjutkan dengan penyiapan bahan-bahan penelitian, yang meliputi Titanium dioksida (TiO_2), pelarut etanol, dan daun bayam.

b. Preparasi Elektroda Kerja

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan elektroda kerja. Lapisan FTO (*Fluorine-doped Tin Oxide*) disiapkan menggunakan metode *slip casting*. Perbandingan yang digunakan antara TiO_2 dengan pelarut etanol ditetapkan pada rasio 1:5. Pengujian kinerja elektroda ini kemudian dilakukan menggunakan rangkaian pengukuran arus dan tegangan.

a. Optimasi Elektroda kerja

Fabrikasi DSSC dalam penelitian ini disusun secara berlapis (*Sandwich*) dan disajikan pada Gambar.2:



Gambar 2. Skema lapisan rangkaian

Optimasi elektroda kerja dilakukan dengan mengukur arus dan tegangan (I-V) pada rangkaian DSSC di bawah sinar matahari pada Atmosfer Massa bervariasi sekitar 1,5.

b. Analisis data dan Kesimpulan

Setelah mengumpulkan data mengenai arus dan tegangan dari susunan DSSC, nilai faktor isi (FF) dan efisiensi (η) dihitung berdasarkan data tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada optimasi gel TiO_2 (*titanium dioksida*) untuk menentukan nilai faktor pengisi (FF) dan besarnya efisiensi (η) yang dihasilkan oleh DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*). Sebelum DSSC diuji, proses fabrikasi dilakukan dengan merangkai beberapa komponen utama, yaitu: kaca konduktif FTO (*Fluorine-doped Tin Oxide*), zat warna (*dye*) alami yang diekstrak dari daun bayam hijau (*Amaranthus viridis*), semikonduktor TiO_2 , elektroda lawan, dan elektrolit pasangan redox iodida dan tri iodida.

Ekstraksi dan Deposisi

Isolasi *dye* didapatkan dari bahan alamiah, yaitu daun bayam hijau (*Amaranthus viridis*). Sementara itu, deposisi sol-gel TiO_2 diaplikasikan pada permukaan dengan luas 1 cm x 1 cm.

Pengujian Intensitas Cahaya

Sebagai sumber cahaya, digunakan energi matahari. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan secara berkala pada rentang waktu pukul 09.00 hingga 11.00 WIB, dengan interval pengukuran setiap 20 menit. Hasil pengukuran intensitas cahaya di wilayah Kota Pontianak diperoleh menggunakan *lux meter* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengukuran Intensitas Cahaya

Waktu	Intensitas	
	Lux	Watt/m ²
09.00	4600	600,73
09.20	4650	600,80
09.40	4700	600,88
10.00	4750	600,95
10.20	4800	700,02
10.40	4700	600,88
11.00	4580	600,70

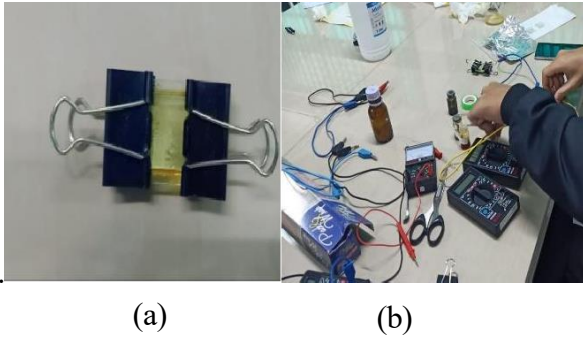
Hasil Pengukuran Intensitas dan Kondisi Lingkungan

Pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya puncak tercatat pada pukul 10.20 WIB,

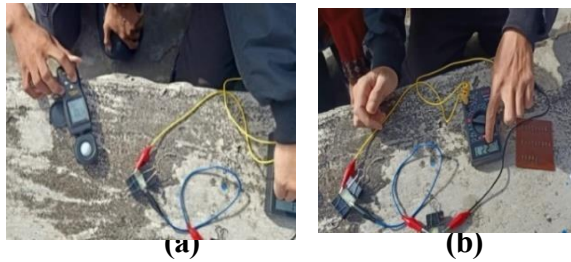
mencapai nilai 4.800 lux. Selama pengukuran ini, kondisi cuaca adalah cerah dengan suhu lingkungan mencapai 32 °C.

Pengujian Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)

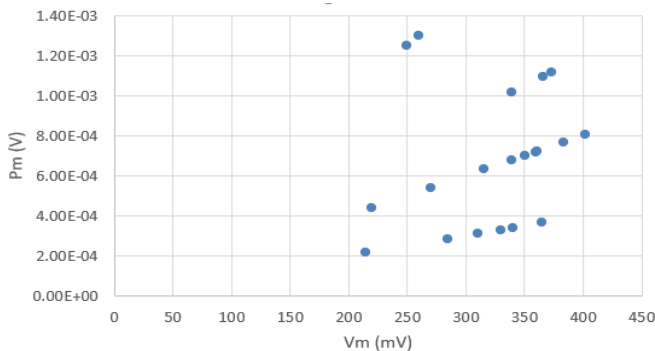
Setelah DSSC selesai dirakit dari semua komponennya, langkah selanjutnya adalah mengukur arus dan tegangan yang dihasilkannya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai performa dari sel surya tersebut, yang mencakup faktor isi (*fill factor*) dan efisiensi.



Gambar. 4 DSSC Siap dilakukan pengujian (a) Hasil DSSC, (b) Perakitan Rangkaian arus dan tegangan.



Gambar. 5 Pengujian Karakteristik DSSC (a) Pengukuran Intensitas Energi Matahari, (b) Pembacaan Arus dan Tegangan DSSC di bawah sinar matahari



Gambar. 6 Grafik Vm terhadap Pm

PEMBAHASAN

Penelitian Dasar dan Pengujian

Studi ini tergolong penelitian dasar yang bersifat sederhana. Pengukuran rangkaian masih mengandalkan multimeter sebagai instrumen untuk mengukur nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh perangkat DSSC.

Pemilihan *Dye* dan Sifat Absorpsi

Zat warna (*dye*) yang digunakan adalah klorofil yang diekstrak dari daun bayam hijau (*Amaranthus viridis*). Selain mudah didapatkan, *dye* klorofil dari bayam berfungsi untuk menyerap cahaya matahari dan memicu eksitasi elektron pada TiO_2 . Hal ini sejalan dengan temuan Wijayanti (2010) yang menunjukkan bahwa *dye* klorofil bayam mampu bertindak sebagai fotosensitisasi yang efektif. Daun bayam memiliki kemampuan absorpsi pada spektrum cahaya tampak, dengan spektrum serapan ekstraknya berada di kisaran 355 hingga 420 nm, serta memiliki puncak absorpsi pada panjang gelombang 403 nm dan 420 nm (Kumara dan Prajitno, 2012).

Kondisi Pengujian

Oleh karena sifat tersebut, pengujian rangkaian DSSC dapat dilaksanakan dengan menggunakan sinar matahari langsung. Sumber cahaya yang dimanfaatkan adalah energi matahari dengan intensitas terukur sebesar 4.800 lux pada pukul 10.20 WIB.

Fungsi Elektroda Kerja TiO_2

Sebagai elektroda kerja, digunakan TiO_2 (Titanium dioksida). Material ini berfungsi sebagai katalis yang berperan mempercepat proses reaksi redoks yang terjadi pada elektrolit.

Hasil dan Kinerja DSSC

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 6, dengan luas permukaan TiO_2 sebesar 1 cm x 1 cm, arus dan tegangan yang dihasilkan oleh DSSC masih tergolong **rendah**. Kondisi ini berimplikasi pada nilai **faktor pengisi** (FF) dan **efisiensi konversi energi** yang juga masih rendah.

Peran Ukuran Partikel

Performa DSSC sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel TiO_2 yang digunakan. Untuk meningkatkan penyerapan *dye* pada DSSC, salah satu alternatif yang disarankan adalah

menggunakan TiO_2 berukuran nanometer karena memiliki luas permukaan yang besar. Sementara itu, lapisan TiO_2 berukuran submikrometer atau nanometer yang lebih besar dapat dimanfaatkan untuk membentuk lapisan penghambur cahaya (*light scattering layer*) (Siddiq, 2015).

Meskipun performa konversi energi listrik dari optimasi DSSC yang menggunakan daun bayam hijau dan elektroda kerja TiO_2 masih relatif kecil, yaitu 54×10^{-5} , temuan ini tetap dapat menjadi potensi energi alternatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan teori, data hasil penelitian, dan pembahasan yang mengacu pada masalah yang telah dirumuskan, dapat disimpulkan bahwa faktor pengisi (FF) yang diperoleh dari penggunaan TiO_2 sebagai elektroda dalam DSSC masih tergolong kecil, dengan nilai 27×10^{-5} . Efisiensi (η) DSSC menggunakan TiO_2 sebagai elektode dalam DSSC masih relatif kecil sebesar 54×10^{-5} .

REFERENSI

- Boisandi, Anita, Nurussaniah. 2014. Pengaruh Temperatur Anil Elektroda Grafit Terhadap Karakteristik Arus Dan Tegangan (I-V) Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC). *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*.3(1): 9-16.
- Chadijah, S, Dahlan, D dan Harmadi. 2016. Pembuatan Counter Electrode Carbon Untuk Aplikasi Elektroda Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Ilmu Fisika*. 8(2):78-86.
- Istiqomah, A, Rokhmat, M, Nursam, N.M. 2017. Optimalisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbahan Titanium Dioksida Dengan Konfigurasi Tipe Monolitik. *e- Proceeding of Engineering*. 4(2): 2158-2165
- Kumara, M.S.W dan Prajitno, G. 2012. 'Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC'. *Online*. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-22068-1108100017-Paper.pdf>, diakses 5 Juni 2022.
- Nurussaniah, Anita dan Boisandi. 2018. Isolasi Dye Organik Alam dan Karakteristiknya Sebagai Sensitizer. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. 3(1): 24-27
- Oktaviana, E dan Nursam, N.M. 2019. Pengaruh Material Counter Electrode Pada Dye-Sensitized Solar Cell. *Metalurgi*. V(3): 109- 130

Siddiq. 2015. Fabrikasi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Berstruktur Bilayer Anatase Tio₂ Dalam Rangkaian Seri Dan Paralel. *Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember:

Wijayanti, S. 2010. Fabrikasi Prototype Dssc (Dye- Sensitized Solar Cell) Menggunakan Klorofil Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) Sebagai Dye Alami. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.