
PENGARUH VARIASI KARBON AKTIF DARI TKKS PADA TiO₂ TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA DSSC MENGUNAKAN DYE KULIT JENGKOL (PITCHELLOBIUM LOBATUM BENTH)

Rika Rosmalinda¹, Rahmawati¹, Teuku Andi Fadly^{1*}

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Kota Langsa, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: andifadly@unsam.ac.id,

Telp: 085260213049

ABSTRAK

Penelitian ini tentang pengaruh variasi karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada TiO₂ terhadap efisiensi sel surya DSSC menggunakan dye kulit jengkol (pitchellobium lobatum benth) menggunakan penyinaran matahari langsung. Karbon aktif dari TKKS diaktivasi menggunakan metode aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan furnace sampel pada temperatur 400 °C selama 1 jam. Aktivasi kimia dilakukan dengan perendaman pada larutan H₃PO₄ 95% selama 2 hari. Sel surya dibuat dengan variasi komposit karbon aktif dari TKKS sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dye dibuat menggunakan kulit jengkol dengan pelarut kimia etanol 95% dan HCl 1 M, dengan waktu perendaman 48 jam. Elektrolit iodida digunakan dengan mencampurkan KI dan yodium pada pelarut asetonitril. Analisis energi gap dengan menggunakan metode four-point probe dan karakteristik I-V pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif. Hasil analisis energi gap menunjukkan nilai tertinggi 2.9 eV pada sampel TiO₂-C 5% dan terendah 2.3 eV pada sampel TiO₂-C 20%. Hasil karakteristik I-V menunjukkan nilai Voc dan Isc semakin meningkat seiring penambahan persentase karbon pada komposit TiO₂/karbon aktif dari TKKS, yaitu 383 mV dan 0.2 mA. Efisiensi sel surya tertinggi terdapat pada sampel TiO₂-C 20% sebesar 0.00304%.

Kata Kunci: Komposit; TiO₂; Karbon Aktif TKKS; Four-Point Probe; Karakteristik I-V

ABSTRACT

This Research has been carried out on the effect of variations in activated carbon from TKKS on TiO₂ on the efficiency of DSSC solar cells using jengkol peels dye (pitchellobium lobatum benth) using direct sunlight. Activated carbon from TKKS is activated using physical and chemical activation methods. Physical activation was carried out by furnacing the sample at a temperature of 400 °C for 1 hour. Chemical activation was carried out by immersing in 95% H₃PO₄ solution for 2 days. Solar cells were made with a variety of activated carbon composites from TKKS of 5%, 10%, 15%, and 20%. The Dye is made using jengkol peels with a chemical solvent of 95% ethanol and 1 M HCl, with a soaking time of 48 hours. The iodide electrolyte was used by mixing KI and iodine in acetonitrile solvent. The analysis of Energy gap was used the four-point probe method and the I-V characteristics in this research was carried out quantitatively. The results of the energy gap analysis showed the highest value was 2.9 eV in the TiO₂-C 5% sample and the lowest 2,3 eV in the TiO₂-C 20% sample. The results of the I-V characteristics showed that the V_{oc} and I_{sc} values increased with the addition of the percentage of carbon in the TiO₂/activated carbon composite from TKKS, is 383 mV and 0.2 mA. The highest solar cell efficiency is found in the TiO₂-C 20% sample of 0.00304%.)

Keywords : Composite; TiO₂; Activated Carbon from TKKS; Four-Point Probe; I-V Characteristics

1. Pendahuluan

Di era-modern seperti saat ini kebutuhan akan energi listrik sudah menjadi komponen penting dalam kehidupan manusia. Energi listrik dapat dihasilkan melalui proses fotovoltaiik dengan menggunakan perangkat sel

surya. Sel surya memiliki beragam jenis, salah satunya Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).

DSSC merupakan piranti sel surya yang memanfaatkan zat warna yang dapat menyerap cahaya tampak. Telah dilakukan penelitian pembuatan DSSC

dengan beragam jenis pewarnaan, baik yang sintetis maupun alami. Penggunaan pewarna sintetis membutuhkan biaya yang relative besar [1], sehingga dibutuhkan inovasi baru dalam memperoleh pewarna alami yang lebih murah.

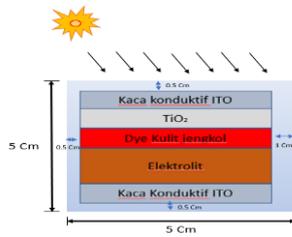
Salah satu penelitian dye alami adalah dengan memanfaatkan tanaman Rosella (*Hibiscus Sdanariffa*) yang dilakukan oleh Rafika pada tahun 2017 dan diperoleh efisiensi sel surya sebesar 0.52% [2]. Selain bunga Rosella, bunga eucalyptus (*melaleuca leucadendra*) mampu mencapai daya 0.0015 W [3]. Jenis sel surya yang memiliki efisiensi tertinggi saat ini adalah p-n junction yang menggunakan bahan silicon murni [4]. Namun, silicon murni dengan energi gap 1.1 eV memiliki kinerja sel surya yang baik tetapi mempunyai harga yang mahal [5].

Pemanfaatan titanium dioksida (TiO_2) dengan energi gap sekitar 3.2 eV dianggap mampu mengkonversikan energy matahari menjadi energy listrik [6]. Dalam pembentukan piranti sel surya dibutuhkan lapisan berpori yang berfungsi sebagai penyerap foton.

Pada tahun 2016 telah dilakukan penelitian karbon aktif dengan memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan diperoleh ukuran pori yang relative terbuka [7]. Karbon aktif dengan ukuran pori yang relative terbuka diharapkan mampu menyerap foton yang dipancarkan cahaya matahari secara optimal [4].

2. Metode Penelitian

Pada analisis karakteristik I-V kaca konduktif ITO dipersiapkan dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Pasta komposit TiO_2 /Karbon Aktif TKKS yang telah dicampurkan dengan PVA diposisikan diatas kaca ITO dan dikeringkan menggunakan hot plate. Setelah pasta mengering, selanjutnya akan direndam kedalam larutan dye kulit jengkol yang telah dilarutkan menggunakan HCL 1 M dan etanol 95% selama 48 jam. Setelah perendaman dilakukan, perangkat sel surya dicuci dengan menggunakan aquades lalu dikeringkan pada suhu ruang. Perangkat sel surya DSSC disusun seperti lapisan wafer yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Lapisan Wafer DSSC

Kemudian agar struktur selnya merata pada permukaan kaca ITO, kaca dijepit menggunakan penjepit kertas. Setelah itu larutan elektrolit diteteskan ketika pengukuran dilakukan, sehingga sel surya DSSC siap untuk diuji. Analisis Karakteristik I-V untuk menghasilkan nilai efisiensi diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1)$$

P_{out} pada persamaan diatas adalah daya maksimum yang dihasilkan perangkat sel surya, sedangkan P_{in} adalah daya masukan yang diperoleh dari cahaya matahari dengan pengukuran menggunakan solar power meter.

Pada analisis four-point probe pasta komposit TiO_2 /Karbon aktif TKKS dideposisikan pada kaca komersil dengan ukuran 1cm x 1 cm denganketebalan 1 mm. selanjutnya sampel dikeringkan dengan

menggunakan hot plate dan diukur nilai kelistrikkannya. Analisis four-point probe dilakukan menggunakan perumusan

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (2)$$

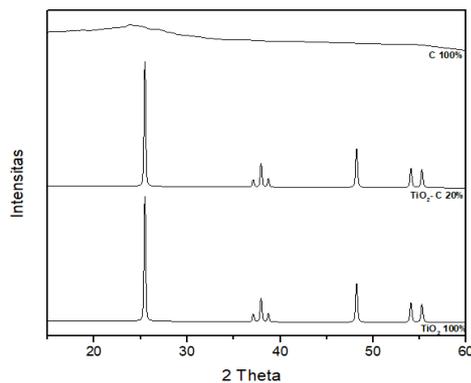
σ pada persamaan diatas adalah konduktivitas listrik dengan satuan S/cm^2 , dimana J adalah rapat arus listrik dan E adalah kuat medan listrik. Selanjutnya untuk mengetahui nilai energi gap pada sampel komposit TiO_2 /karbon aktif TKKS dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$$E_g = 2K_B \cdot M \quad (3)$$

Nilai energi gap pada perumusan diatas memiliki satuan eV dengan K_B adalah konstanta boltzman dan M adalah nilai gradien.

3. Hasil dan Pembahasan

Struktur komposit TiO_2 /karbon aktif TKKS dapat ditentukan dengan melakukan uji XRD. Analisis XRD struktur komposit TiO_2 /Karbon Aktif TKKS ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisis XRD Struktur Komposit TiO₂/Karbon Aktif TKKS

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa struktur dari karbon aktif adalah amorf. Bentuk amorf dapat diketahui dari puncak yang tidak beraturan, hal ini dikarenakan atom-atom penyusunnya tidak memiliki keteraturan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu, bahwa karbon aktif dari TKKS tidak memiliki puncak kristalin [8]. Selain itu, pada Gambar 2 menunjukkan sampel TiO₂ memiliki puncak kristal yang tajam berfasa anastase [6]. Puncak kristalin TiO₂ terbentuk pada sudut dua theta, 25.48, 37.16, 38.00, 38.80, 48.18, 54.08, dan 55.22. Komposit TiO₂/karbon aktif dari TKKS menunjukkan penurunan puncak kekristalan TiO₂, namun tidak merubah posisi dua theta. Penurunan puncak kristalin tersebut disebabkan oleh

penambahan karbon aktif dari TKKS yang berfasa amorf.

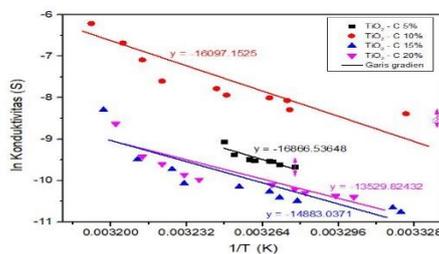
Pengukuran four-point probe dilakukan pada keempat sampel komposit TiO₂/karbon aktif dari TKKS dengan persentase perbandingan yang telah ditentukan. Proses tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik elektrik sampel dengan mengetahui nilai konduktivitas. Hasil perhitungan nilai konduktivitas terhadap temperature diwakili oleh sampel TiO₂-C 20% yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel. 1 Hasil Konduktivitas Terhadap Temperatur Pada Komposit TiO₂-C 20%

No	Temperatur (K)	Konduktivitas σ (S/cm)
1	302.8	3.04×10^{-5}
2	303.5	3.12×10^{-5}
3	304.7	3.37×10^{-5}
4	305.1	3.67×10^{-5}
5	306	4.09×10^{-5}
6	308.9	4.62×10^{-5}
7	309.5	5.20×10^{-5}
8	310.4	6.75×10^{-5}
9	311.2	8.06×10^{-5}
10	312.3	17×10^{-5}

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh nilai konduktivitas dengan variasi suhu,

sehingga dapat menentukan nilai energi gap pada setiap sample sel surya DSSC. Energi gap diperoleh dari nilai gradient grafik \ln konduktivitas terhadap $1/T$ yang terbentuk dengan dilakukan perhitungan secara matematis. Hasil gradien \ln konduktivitas terhadap $1/T$ pada komposit TiO_2 /karbon aktif dari TKKS ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Karakteristik Four-Point Probe

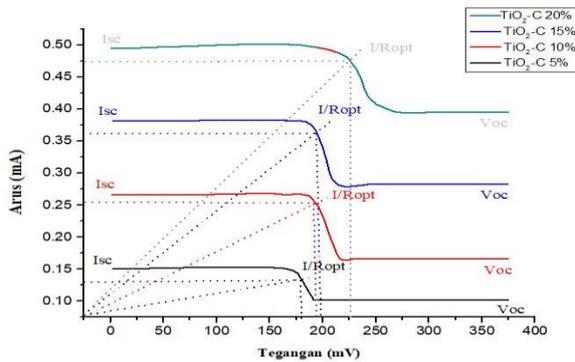
Secara keseluruhan nilai gradient dari setiap variasi komposit tersebut dapat menentukan nilai energi gap. Nilai energi gap pada komposit TiO_2 /Karbon aktif dari TKKS ditentukan dengan persamaan 2.6 dan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Nilai Energy Gap Pada Pengukuran Four Point Probe

No	Sampel	Energi Gap
1	TiO_2 -C 5%	2,9 eV
2	TiO_2 -C 10%	2,7 eV
3	TiO_2 -C 15%	2,56 eV
4	TiO_2 -C 20%	2,3 eV

Berdasarkan Tabel 2. terjadi penurunan nilai energi gap pada komposit TiO_2 /Karbon aktif dari TKKS seiring bertambahnya karbon aktif. Secara keseluruhan terdapat selisih perbedaan nilai energi gap sebesar 2 eV pada tiap kenaikan 5% karbon pada komposit tersebut. Hasil ini bersesuaian dengan hasil energi gap pada komposit TiO_2 /karbon aktif dari TKKS, dimana semakin banyak komposisi karbon yang ditambahkan maka nilai konduktivitas komposit tersebut semakin tinggi. Semakin kecil energi gap yang dimiliki oleh material, maka material tersebut semakin konduktif [9].

Karakteristik I-V merupakan suatu parameter penting untuk mengetahui keandalan suatu perangkat sel surya termasuk sel surya DSSC. Pada penelitian ini karakteristik I-V dilakukan pada jam 10.30 - 11.30 dengan menggunakan penyinaran matahari langsung [10]. Hasil karakteristik I-V komposit TiO_2 /karbon aktif dari TKKS pada berbagai variasi karbon ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3.



Gambar 4.10 Grafik Karakteristik I-V pada Sel Surya DSSC Variasi Komposit Karbon Aktif dari TKKS pada TiO₂ Menggunakan Dye Kulit Jengkol (Pitchellobium Lobatum Benth).

Tabel 3. Nilai Karakteristik I-V Pada Variasi Komposit Karbon Aktif dari TKKS Pada TiO₂ Menggunakan Dye Kulit Jengkol (Pitchellobium Lobatum Benth)

Sampel	V _{oc} (mV)	I _{sc} (mA)	V _{maks} (mV)	I _{maks} (mA)
TiO ₂ -C 5 %	235	0.15	165	0.15
TiO ₂ -C 10 %	251	0.2	193	0.19
TiO ₂ -C 15 %	281	0.2	194	0.18
TiO ₂ -C	383	0.2	245	0.19

Sampe	P _{in} (mW)	P _{out} (mW)	FF	η (%)
TiO ₂ -C 5 %	1088.45	0.024	0.7	0.0016
TiO ₂ -C 10 %	1127.18	0.036	0.7	0.0023
TiO ₂ -C 15 %	1080.27	0.034	0.6	0.0023
TiO ₂ -C 20 %	1092	0.046	0.6	0.0030

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 3, sampel TiO₂-C 5% memiliki nilai efisiensi terendah 0.00162%. Selain itu, sampel TiO₂-C 5% juga memiliki nilai daya luaran (P_{out}) terendah 0.0248 mW. Pada Tabel 3 juga ditunjukkan nilai efisiensi tertinggi mencapai 0.00304% dengan daya luaran (P_{out}) tertinggi 0.0466 mW. Berdasarkan hasil analisis karakteristik I-V dari keempat sampel menunjukkan semakin tinggi komposit karbon yang dicampurkan maka mempengaruhi nilai efisiensi yang diperoleh. Hal ini dikarenakan karbon aktif yang dapat menyerap zat warna dengan baik sehingga foton yang diserap semakin optimal [4].

Penambahan karbon aktif pada komposit TiO₂/Karbon aktif dari TKKS

meningkatkan konduktivitas perangkat sel surya. Hal ini didukung dengan hasil energi gap yang semakin menurun seiring penambahan persentase karbon aktif dari TKKS. Konduktivitas yang semakin kecil memudahkan elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga arus listrik yang mengalir semakin besar. Semakin besar arus listrik yang dihasilkan maka daya efisiensi perangkat sel surya akan semakin tinggi [11].

4. Simpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi I-V dan analisis energi gap pada sel surya DSSC komposit TiO₂/karbon aktif dari TKKS-dye kulit jengkol (*pitchellobium lobatum benth*) diperoleh efisiensi dan energi gap tertinggi pada sampel TiO₂-C 20% yaitu 0.00304%. Sedangkan untuk energi gap tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada sampel TiO₂-C 5% yaitu 2.9 eV.

5. UcapanTerimaKasih

Saya mengucapkan banyak terimakasih kepada bapak dosen pendamping yang telah meluangkan waktunya serta pemikirannya dalam membantu penyelesaian penelitian ini. Terimakasih juga untuk universitas

samudra yang telah menjadi suatu institusi yang telah mendukung terselesaikannya penelitian ini.

5. Referensi

- [1] E. Ernawita, I. Irwansyah, D. Sawitri, and R. A. Wahyuono, "Preparasi dan Karakterisasi Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Pewarna Ekstrak Jeruk: Pengaruh Variasi Komposisi Karotenoid dan Flavonoid Terhadap Efisiensi Sel Surya," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 13, no. 3, p. 103, 2017, doi: 10.12962/j24604682.v13i3.2839.
- [2] M. El-Dairi and R. J. House, "Sintesis dan Karakterisasi Sentized Solar Cell (DSSC) Dengan Sentizer Antosianin Dari Bunga Rosella (*Hibiscus Sandariffa*)," *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*. pp. 285–287, 2019, doi: 10.1016/B978-0-323-60984-5.00062-7.
- [3] E. Supriyanto, H. A. Kartikasari, N. Alviati, and G. Wiranto, "Simulation of Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) Performance for Various Local Natural Dye Photosensitizers," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 515, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-

- 899X/515/1/012048.
- [4] C. Chou, C. Chen, S. Lin, W. Lu, and P. Wu, "Preparation of TiO_2 / bamboo-charcoal-powder composite particles and their applications in dye-sensitized solar cells q," *Adv. POWDER Technol.*, pp. 0–6, 2015, doi: 10.1016/j.appt.2014.12.013.
- [5] I. I. Wahidah Febriya Ramadhani, Aisyah A, Suriani S, "A Natural Dye-Sensitized From Pare (Bitter Gourd) Leaves Extracts For Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)," *Al-Kimia*, vol. 7, no. 1, pp. 17–24, 2019.
- [6] T. A. Fadlly and R. A. Putra, "Current-Voltage Characteristics Of Solar Cells P-N Junction Zno And Tio 2 Parallel On Cu_2O Layer," vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [7] P. Wahyuningsih, R. Rahmawati, and N. Yulius, "Apikasi Fotodegradasi Nanokomposit Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit/ TiO_2 Terhadap Limbah Cair Kelapa Sawit," *Elkawanie*, vol. 3, no. 2, pp. 161–172, 2017, doi: 10.22373/ekw.v3i2.2092.
- [8] Rahmawati, T. A. Fadly, and T. Harmawan, "Karakteristik energi gap (E_g) komposit ZnO /karbon aktif dari tandan sawit (*Elaeis guineensis* Jack)) untuk aplikasi sel surya Rahmawati," *J. Fis.*, vol. 9, no. 2, pp. 60–68, 2019.
- [9] P. Tyas, "Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir Pusat Sains dan Teknologi Akselerator," no. November, pp. 429–436, 2017.
- [10] T. A. Fadlly and T. Harmawan, "Characteristic I-V Of $\text{Cu} / \text{Cu}_2\text{O}$ Solar Cells With Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) Electrolyte Using Sun Simulator," vol. 11, no. 1, pp. 6–10, 2018.
- [11] H. S. Muchammad, "Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp Dengan Penambahan Reflektor," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. ke-2*, p. A.45-A.50, 2011.