

**THE SENSITIZATION EFFECT OF NATURAL  
ANTHOCYANIN AND CHLOROPHYLL DYES  
ON ZINC OXIDE BASED DYE-SENSITIZED  
SOLAR CELLS PERFORMANCES**

**WAN ALMAZ DHAFINA BINTI CHE WAN  
AHMAD**

**DOCTOR OF PHILOSOPHY  
UNIVERSITI MALAYSIA TEREGGANU**

**2020**

dn 01100093

1100110509

Perpustakaan Sultanah Nur Zahirah  
Universiti Malaysia Terengganu.



tesis

TK 2963 .D94 W3 2020



1100110509

The sensitization effect of natural anthocyanin and chlorophyll dyes  
on zinc oxide based dye-sensitized solar cells performances / Wan  
Almaz Dhafina Che Wan Ahmad

PERPUSTAKAAN SULTANAH NUR ZAHIRAH UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU (UMT) 21030 KUALA TERENGGANU		
<b>1100110509</b>		
RECEIVED 17 JAN 2020		

Lihat Sebelah



**THE SENSITIZATION EFFECT OF NATURAL ANTHOCYANIN AND  
CHLOROPHYLL DYES ON ZINC OXIDE BASED DYE-SENSITIZED  
SOLAR CELLS PERFORMANCES**

**WAN ALMAZ DHAFINA BINTI CHE WAN AHMAD**

**Thesis Submitted in Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor  
of Philosophy in the Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics  
Universiti Malaysia Terengganu**

**August, 2020**

Abstract of thesis presented to the Senate of University Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy

**THE SENSITIZATION EFFECT OF NATURAL ANTHOCYANIN AND CHLOROPHYLL DYES ON ZINC OXIDE BASED DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS PERFORMANCES**

**WAN ALMAZ DHAFINA BINTI CHE WAN AHMAD**

**FEBRUARY 2020**

**Main Supervisor : Muhamad Zalani bin Daud, Ph.D**  
**Co-Supervisor : Mohd. Sabri bin Mohd. Ghazali, Ph.D**  
**Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics**

The purpose of this research is to analyse the photovoltaic performances of fabricated zinc oxide (ZnO) based dye-sensitized solar cell (DSSC) with different natural dyes. The cell was sensitized with two types of natural dyes derived from anthocyanin and chlorophyll pigments. The attribute factors of the performances of DSSC samples were investigated by characterizing the active materials in the photoanodes in terms of morphological, optical properties and crystal structure. The natural anthocyanin and chlorophyll dyes were ethanolic extracted from red frangipani flowers and star gooseberry leaves, respectively, and named as red frangipani dye (RFD) and star gooseberry dye (SGD). The ZnO layer of photoanodes was sensitized with RFD and SGD in varied dye-loading duration. The onset dye-loading duration of 4h for both RFD and SGD produced power conversion efficiency (PCE) values of  $\approx 0.038\%$  and  $\approx 0.014\%$ , respectively. Ultraviolet-Visible (UV-Vis) absorption measurement showed that RFD sensitized photoanode absorbed a wider range of visible light than SGD sensitized photoanode. Moreover, Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy analysis proved that RFD was anchored strongly, while SGD only formed a weak physical bond with ZnO. From the morphological study, the sensitized nanoparticles in RFD 4h had a significant diameter increment and more homogeneous surface compared to that in SGD 4h, which indicates that RFD molecules are chemically absorbed and anchored to the surface of ZnO. These occurrences have

resulted in a better photovoltaic performance of RFD sensitized DSSC than the SGD sensitized sample. From the stepwise co-sensitization of RFD and SGD, it was found that DSSC that has been initially sensitized with RFD had a higher PCE value ( $\approx 0.019\%$ ) compared to the SGD first sensitized DSSC sample ( $\approx 0.002\%$ ). The attribution of SGD as the first layer dye on the ZnO surface prevents the anthocyanin molecules in RFD to anchor properly to ZnO, thus limiting electron injection and lowering the PCE value. However, stepwise co-sensitization DSSC did not yield better photovoltaic performance, since it was measured to be lower than the PCE value of a single sensitized RFD 4h sample. This proved that RFD is better than SGD as a natural dye, and hence it can be concluded that ZnO has a propensity for being sensitized with anthocyanin more than chlorophyll.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu  
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**KESAN KEPEKAAN PEWARNA SEMULAJADI ANTOSIANIN DAN  
KLOOROFIL TERHADAP PRESTASI SEL SURIA PEKA PEWARNA  
BERASASKAN ZINK OKSIDA**

**WAN ALMAZ DHAFINA BINTI CHE WAN AHMAD**

**FEBRUARI 2020**

**Penyelia Utama : Muhamad Zalani bin Daud, Ph.D**  
**Penyelia Bersama : Mohd. Sabri bin Mohd. Ghazali, Ph.D**  
**Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuteraan Kelautan dan  
Informatik**

Tujuan kajian ini adalah untuk membandingkan prestasi fotovoltan sel suria peka pewarna (DSSC) berasaskan zink oksida (ZnO) yang dipekakan dengan pewarna berlainan. Sel tersebut telah dipekakan dengan dua pewarna semulajadi berasaskan pigmen antosianin dan klorofil. Faktor-faktor penyumbang kepada prestasi sampel DSSC telah dikaji dengan pencirian terhadap bahan-bahan aktif dalam fotoanod dari segi morfologi, sifat-sifat optik dan struktur kristal. Pewarna semulajadi antosianin dan klorofil telah diekstrak dengan menggunakan etanol daripada bunga kemboja merah dan daun cekur manis, oleh itu, dinamakan sebagai pewarna kemboja merah (RFD) dan pewarna cekur manis (SGD). Lapisan ZnO di fotoanod telah dipekakan dengan RFD dan SGD secara berasingan dalam tempoh dipekakan yang berbeza-beza. Tempoh dipekakan dengan pewarna yang optimum bagi kedua-dua RFD dan SGD adalah 4 jam yang memberi nilai kecekapan penukaran kuasa (PCE) masing-masing  $\approx 0.038\%$  dan  $\approx 0.014\%$ . Pengukuran penyerapan Ultralembayung-Cahaya nampak (UV-Vis) menunjukkan bahawa fotoanod yang dipekakan dengan RFD menyerap julat cahaya yang lebih luas berbanding dengan fotoanod yang dipekakan dengan SGD. Selain itu, analisa spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR) membuktikan bahawa RFD berhubung dengan kuat manakala SGD hanya berhubung secara fizikal yang lemah dengan ZnO. Dari kajian morfologi, saiz nanopartikel yang dipekakan dengan pewarna dalam RFD 4h menunjukkan peningkatan diameter yang ketara dan

permukaan yang lebih sekata berbanding nanopartikel dalam SGD 4h dimana menunjukkan molekul RFD diserap dan berhubung secara kimia dengan permukaan ZnO. Ini telah menyebabkan prestasi DSSC yang dipekakan dengan RFD lebih baik berbanding prestasi DSSC yang dipekakan dengan SGD. Daripada kajian kepekaan bergabung secara langkah demi langkah antara RFD dan SGD, didapati bahawa DSSC yang telah dipekakan terlebih dahulu dengan RFD mempunyai nilai PCE yang lebih tinggi ( $\approx 0.019\%$ ) berbanding sampel DSSC yang dipekakan dengan SGD terlebih dahulu ( $\approx 0.002\%$ ). Aplikasi SGD sebagai pewarna lapisan pertama di permukaan ZnO menghalang molekul antosianin dalam RFD daripada berinteraksi dengan ZnO, oleh itu membataskan suntikan elektron dan merendahkan nilai PCE. Walau bagaimanapun, sampel DSSC dalam kajian kepekaan bergabung secara langkah demi langkah menghasilkan prestasi fotovoltan yang lebih rendah daripada nilai PCE sampel yang dipekakan secara tunggal RFD 4 h. Oleh itu, ia telah terbukti bahawa RFD adalah lebih baik daripada SGD sebagai pewarna semulajadi dan ia boleh disimpulkan bahawa ZnO mempunyai kecenderungan untuk dipekakan dengan antosianin berbanding klorofil.