

Pengaruh Komposisi Campuran Antosianin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell*

Maya Dwi Fistiani,* Fahru Nurosyid, dan Risa Suryana

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Kentingan, Surakarta 57126

Intisari

Artikel ini membahas fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan menggunakan campuran dye antosianin dan klorofil sebagai fotosensitizer. Pencampuran dye bertujuan untuk memperlebar daerah serapan dye alami. Antosianin diekstraksi dari kol merah sedangkan klorofil dari daun bayam dengan metode maserasi. Komposisi dye divariasikan dengan perbandingan larutan antosianin:klorofil, yaitu 1:3, 1:1, dan 3:1. Variasi komposisi dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan serapan dye terhadap efisiensi DSSC. Karakterisasi sifat optik menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sedangkan karakterisasi sifat listrik dengan I-V meter. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa pada perbandingan 1:3 memiliki absorbansi tertinggi pada rentang panjang gelombang 400 nm hingga 450 nm dan efisiensi sebesar 0,15%.

ABSTRACT

This article describes fabrication of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) using mixture of anthocyanin and chlorophylls photosensitizer. Mixing dye aims to widen the absorbance area of natural dye. Anthocyanin is extracted from red cabbage and chlorophyll from spinach leaves with maseration methode. Mixture composition of dye anthocyanin:chlorophyll varying at 1:3, 1:1, and 3:1. Composition variation is performed to determine the effect of absorbance change on the efficiency of DSSC. Optical characterization using UV-Vis spectrophotometer and electric characterization using I-V meter. The characterization result showed that ratio 1:3 has the highest absorbance at wavelength 400 nm to 450 nm with highest efficiency 0,15%.

KATA KUNCI: campuran dye, antosianin, klorofil, DSSC
<http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v13i1.2132>

I. PENDAHULUAN

Cahaya matahari merupakan sumber energi terbarukan. Energi cahaya matahari yang berupa foton dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Dalam perkembangannya, sel surya dibedakan menjadi 3 generasi, yaitu: generasi pertama sel surya berbasis monokristal dan polikristal, generasi kedua sel surya lapisan tipis, sedangkan generasi ketiga sel surya berbasis nanokristal, polimer, dan zat warna [1].

DSSC merupakan salah satu jenis sel surya generasi ketiga berbasis zat warna (dye) sebagai penyerap foton (*photosensitizer*) [2]. DSSC merupakan devais fotovoltaik yang ekonomis dan mudah dibuat [3–5], namun DSSC masih memiliki efisiensi yang relatif kecil dibandingkan dengan sel surya generasi pertama [6].

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kecilnya efisiensi DSSC, salah satunya adalah jenis dye yang digunakan. Dye dengan daya serap yang tinggi dapat membantu meningkatkan efisiensi DSSC. Ada 2 jenis dye yang biasanya digunakan dalam pembuatan DSSC, yaitu dye sintetis dan

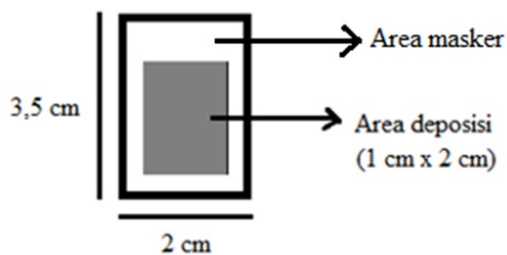
alami. Dye alami lebih ramah lingkungan dan tersedia secara melimpah di alam dibandingkan dengan dye sintetis [7–9], namun daerah serapan yang dimilikinya relatif sempit. Dalam penelitian ini 2 jenis dye yang berbeda dicampurkan agar daerah serapannya menjadi lebih lebar. Dye yang digunakan ialah antosianin dan klorofil. Antosianin merupakan zat warna merah dasar, sedangkan klorofil merupakan zat warna hijau yang biasanya terdapat pada daun [10]. Antosianin memiliki puncak absorbansi pada daerah panjang gelombang 520 nm hingga 550 nm [11], sementara klorofil memiliki puncak absorbansi pada panjang gelombang 420 nm dan 660 nm [12]. Campuran dye divariasikan komposisinya untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi DSSC. Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, maka akan dapat diketahui zat warna yang paling berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi DSSC.

II. METODE PENELITIAN

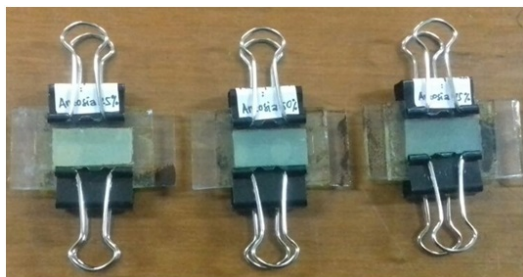
Preparasi sampel

Bahan yang digunakan sebagai sumber dye yaitu kol merah dan daun bayam. Metanol, asam asetat, akuades, aseton, dan etanol sebagai pelarut. Kaca *Fluorine-doped Tin Oxide*

*E-MAIL: mfistiani27@student.uns.ac.id



Gambar 1: Pola deposisi TiO₂ pada elektroda kerja dan platina pada elektroda lawan.



Gambar 2: DSSC hasil assembling.

(FTO) sebagai substrat, TiO₂ nanopowder sebagai semikonduktor pada elektroda kerja, elektrolit dan pasta platina sebagai katalis pada elektroda lawan.

Klorofil diekstrak dari daun bayam yang dilarutkan dalam aseton, sedangkan antosianin diekstrak dari kol merah yang dilarutkan dalam campuran aseton, asam asetat, dan akuades, kemudian dimaserasi selama 24 jam. Hasil ekstraksi disaring, kemudian dipekatkan dengan *rotary evaporator*.

Preparasi elektroda kerja meliputi pembuatan pasta TiO₂, deposisi TiO₂, dan perendaman dalam dye. Pasta TiO₂ dibuat dari serbuk TiO₂ yang dilarutkan dalam etanol. Pasta dideposisikan di atas substrat FTO (2 × 3,5 cm²) dengan pola seperti ditunjukkan Gambar 1. Pasta TiO₂ dideposisikan dengan metode *spin coating* dan di-annealing dalam furnace pada temperatur 400°C selama 10 menit.

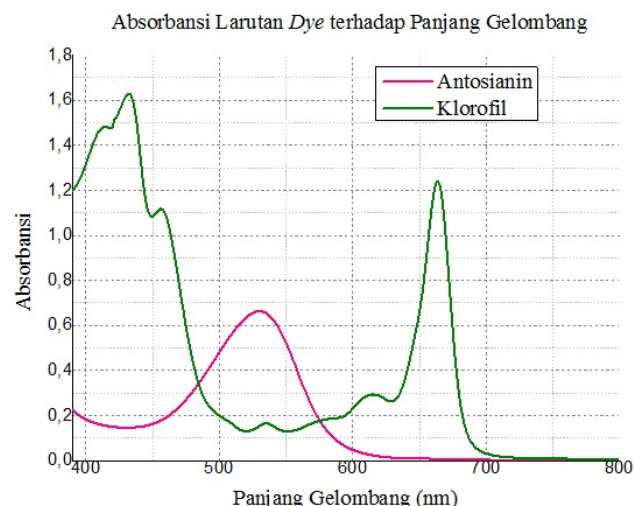
Campuran antosianin-klorofil dibuat sebanyak 8 ml untuk masing-masing komposisi, kemudian digunakan untuk merendam lapisan TiO₂ selama 24 jam.

Pola deposisi platina sama dengan pola deposisi TiO₂. Deposisi dilakukan dengan metode *brush painting*, kemudian dikeringkan pada temperatur 130°C selama 10 menit, lalu di-annealing dalam furnace dengan temperatur tahan 420°C selama 10 menit.

Struktur *sandwich* dibuat dengan meneteskan elektrolit pada elektroda lawan, kemudian direkatkan dengan elektroda kerja menggunakan *double tape*. Struktur sandwich disatukan menggunakan klip seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Karakterisasi

Karakterisasi UV-Vis (Spektrofotometer Lambda 25) dilakukan untuk mengetahui absorbansi larutan dye dan lapisan TiO₂, sedangkan karakterisasi I-V (Keithley Meter 2602A



Gambar 3: Kurva absorbansi hasil ekstraksi kol merah dan daun bayam.

System Source) dilakukan untuk mendapatkan efisiensi DSSC.

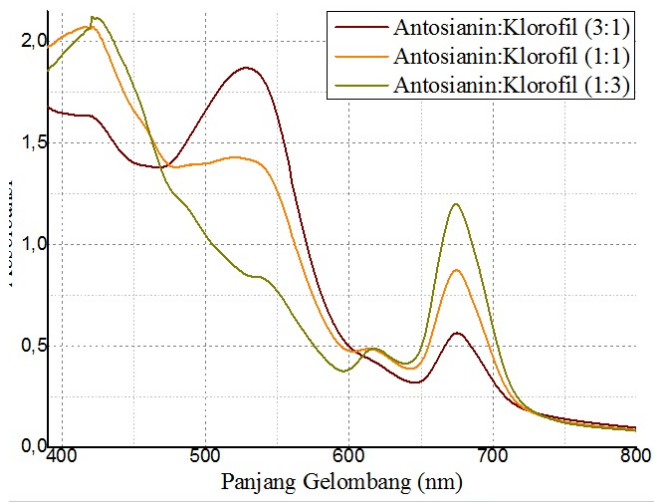
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Absorbansi

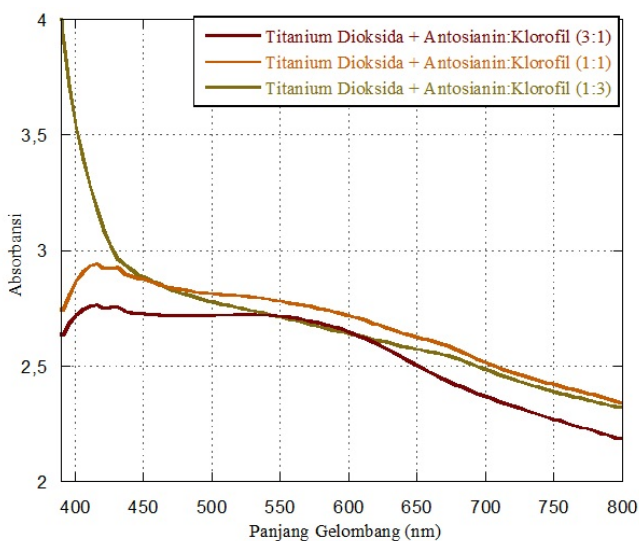
Gambar 3 menunjukkan absorbansi hasil ekstraksi kol merah dan bayam. Hasil ekstraksi kol merah memberikan zat warna dengan puncak absorbansi pada daerah panjang gelombang 500 nm hingga 550 nm. Hal ini mengindikasikan adanya antosianin dalam ekstrak kol merah. Ekstraksi daun bayam menghasilkan zat warna dengan 2 puncak absorbansi, yaitu pada panjang gelombang 426 nm dan 673 nm yang mengindikasikan adanya klorofil dalam ekstrak tersebut.

Campuran dye menunjukkan kurva yang berbeda dibandingkan dengan dye sebelum dicampur seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa daerah serapan dye semakin melebar. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing dye memberikan sumbangan absorbansi pada daerah puncak serapannya.

Campuran dye digunakan untuk merendam lapisan TiO₂. Absorbansi lapisan TiO₂ yang telah direndam ditunjukkan pada Gambar 5. Puncak absorbansi tidak begitu terlihat dibandingkan dengan dye yang masih dalam bentuk larutan. Hal ini dikarenakan tidak semua dye terserap oleh lapisan TiO₂. Penambahan dye antosianin menyebabkan absorbansi di daerah 550 meningkat, sedangkan penambahan klorofil menyebabkan absorbansi meningkat pada daerah 400 nm hingga 450 nm seperti yang terlihat pada Gambar 5. Semakin banyak antosianin yang ditambahkan, maka absorbansi di daerah puncak serapan klorofil semakin berkurang. Hal ini dikarenakan larutan antosianin bersifat asam, sedangkan absorbansi klorofil hanya stabil pada pH 6 hingga 9 dan cenderung menurun pada pH yang ekstrim [13]. Sebaliknya, semakin banyak klorofil yang ditambahkan, maka ab-



Gambar 4: Kurva absorbansi larutan dye setelah dicampur.



Gambar 5: Kurva absorbansi lapisan TiO₂ dengan variasi komposisi campuran dye antosianin-klorofil.

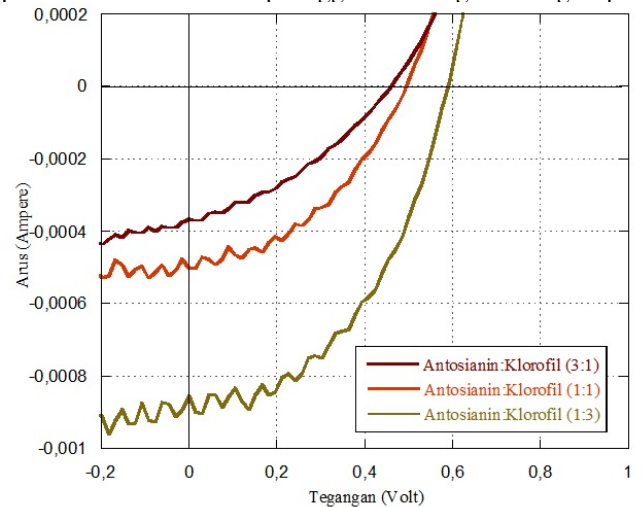
sorbansi di daerah puncak serapan antosianin semakin berkurang. Hal ini dikarenakan tingkat keasaman larutan antosianin semakin berkurang ketika ditambahkan klorofil, semakin rendah tingkat keasamannya maka antosianin akan semakin mudah terdegradasi [14].

Karakteristik Arus dan Tegangan

Hasil karakterisasi I-V ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil karakterisasi I-V, maka parameter-

parameter DSSC dapat ditentukan. Parameter-parameter tersebut ditampilkan dalam Tabel I.

Berdasarkan Tabel I, dapat dilihat bahwa efisiensi semakin meningkat seiring meningkatnya jumlah klorofil dalam campuran dye. Hal ini disebabkan karena klorofil memiliki 2 puncak absorbansi cukup tinggi dibandingkan dengan pun-



Gambar 6: Kurva karakteristik I-V DSSC dengan variasi komposisi campuran dye antosianin-klorofil.

TABEL I: Parameter-parameter DSSC dengan variasi perbandingan antosianin-klorofil dalam campuran dye.

Antosianin:Klorofil	I_{SC} (mA)	V_{OC} (V)	I_{max} (mA)	V_{max} (V)	P_{max} (mW)	FF (%)	η (%)
1:3	0,88	0,60	0,75	0,37	0,28	0,53	0,15
1:1	0,69	0,49	0,52	0,27	0,14	0,42	0,07
3:1	0,37	0,46	0,25	0,30	0,07	0,41	0,04

cak absorbansi yang dimiliki antosianin, sehingga memungkinkan klorofil menyerap lebih banyak foton dibandingkan antosianin. Semakin banyak serapan foton, maka elektron yang tereksitasi pun semakin banyak [15].

IV. SIMPULAN

Berdasarkan karakterisasi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa campuran dye dengan perbandingan antosianin-klorofil 1:3 akan meningkatkan absorbansi pada panjang gelombang 400 nm hingga 450 nm dan memiliki efisiensi tertinggi sebesar 0,15%.

[1] M.T. Kibria, et al., A Review: Comparative Studies on Different Generation Solar Cells Technology, Proc. of 5th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, 2014.

[2] G. Calogero, et al., Solar Energy, **86**, 1563-1575 (2012).

[3] A.A. Al-Ghamdi, et al., Solid State Communications, **183**, 56-59 (2014).

- [4] C.Y. Chien, B.D. Hsu, *Solar Energy*, **98**, 203-211 (2013).
- [5] W. Guo, *et al.*, *Key Engineering Materials*, **451**, 21-27 (2011).
- [6] H. Chang, *et al.*, *Journal of Alloys and Compounds*, **495**, 606-610 (2010).
- [7] S. Furukawa, *et al.*, *Thin Solid Films*, **518**, 526-529 (2009).
- [8] D.J. Gadibo, S.T. Anshebo, T.Y. Anshebo, *J. Braz. Chem*, **26**, 92-101 (2015).
- [9] T. Ganesh, *et al.*, *Materials Chemistry Physics*, **123**, 62-66 (2010).
- [10] H.B. Singh, K.A. Bharati, *Handbook of Natural Dyes and Pigments* (Woodhead Publishing India Pvt. Ltd, New Delhi, 2014).
- [11] Teoli, *et al.*, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **316**, 24-30 (2016).
- [12] R. Syafinar, *et al.*, *Energy Procedia*, **79**, 896-902 (2015).
- [13] D. Sengupta, B. Mondal, K. Mukherjee, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **148**, 85-92 (2015).
- [14] J.B. Harborne, *Phytochemical Methods* (Chapman and Hall, New York, 1984).
- [15] N. Widiastuti, R. Suryana, A. Supriyanto, A., *Berkala Fisika Indonesia*, **7**, 1-4 (2015).