



**PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT BAWANG MERAH (*Allium Cepa* L.)
SEBAGAI *SENSITIZER* PADA *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

HARTATY¹, ASRI SALEH², IIN NOVIANTY³

^{1,2,3}Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia
e-mail:¹ hartaty375@gmail.com,² Asri.dosen.uin@gmail.com,
³iin.novianty@uin-alauddin.ac.id

ABSTRAK

Sel surya sensitized dengan pewarna (Dye-Sensitized Solar Cells atau DSSC) merupakan jenis sel surya generasi ketiga yang dikembangkan sebagai alternatif energi terbarukan dengan biaya produksi lebih rendah dan proses pembuatan yang lebih sederhana. Salah satu komponen utama dalam DSSC adalah pewarna, yang berfungsi menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Studi ini bertujuan untuk mengkaji potensi ekstrak kulit bawang merah sebagai sensitizer alami pada DSSC. Ekstrak diperoleh melalui proses maserasi menggunakan etanol 96% sebagai pelarut dan digunakan untuk mewarnai elektroda TiO₂ dengan metode doctor blade pada substrat kaca ITO. Proses perendaman dilakukan selama 24 jam dengan variasi pH larutan pewarna (1, 3, 5, 7, 9, 11, dan 13). DSSC dirakit menggunakan elektroda kerja yang terdiri dari titanium dioksida (TiO₂) dan pewarna, larutan elektrolit KI/I₂, serta elektroda counter karbon. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi tertinggi dicapai pada pH 1 pada hari ketiga, dengan efisiensi 0,99%, tegangan 584 mV, dan arus 98,6 μ A. Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit bawang merah berpotensi sebagai pewarna alami yang efektif untuk DSSC, terutama pada kondisi sangat asam.

Kata kunci: Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC), kulit bawang merah (*Allium cepa*)

1. PENDAHULUAN

Energi matahari yang melimpah dapat dikonversi menjadi energi panas maupun cahaya (Clement, 2024). Energi panas matahari telah diaplikasikan dalam berbagai perangkat, seperti kompor surya dan pemanas air, namun sulit disimpan sehingga harus digunakan saat tersedia. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan teknologi sel fotovoltaik yang mampu mengubah cahaya matahari langsung menjadi energi listrik (Windi, 2017), yang dikenal sebagai sel surya.



JURNAL SAINTISKOM

(Sains, Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)

Vol.3, No. 2, Juni 2025

e-ISSN: 3046-6091

<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom>

Sel surya terbagi menjadi tiga generasi berdasarkan perkembangan teknologinya. Generasi pertama didominasi oleh teknologi silikon monokristalin dan polikristalin yang sudah populer dan teruji, namun biaya produksinya tinggi (Devadiga dkk., 2021). Generasi kedua mencakup sel surya lapisan tipis seperti amorf silikon dengan efisiensi sekitar 10-15% (Lestari & Setiarso, 2021). Generasi ketiga meliputi teknologi inovatif seperti perovskit, sel surya organik (OPV), quantum dot, dan dye-sensitized solar cell (DSSC) yang masih dalam tahap pengembangan, namun menjanjikan peningkatan efisiensi dan pengurangan biaya secara signifikan serta lebih ramah lingkungan (Sillanp, 2021).

Pengembangan DSSC untuk mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dianggap lebih menjanjikan dibandingkan sel surya berbasis silikon (Adu dkk., 2022). DSSC terdiri dari substrat konduktif transparan, zat pewarna (dye) atau sensitizer, semikonduktor biasanya titanium dioksida (TiO_2), elektrolit yang mengandung iodida (I^-) atau bromida (Br^-), serta elektroda lawan (Supriyanto dkk., 2020). Kompleks rutenium merupakan dye sintetis yang umum digunakan secara komersial, namun memiliki harga tinggi, sifat toksik, dan sulit dimurnikan, sehingga mendorong pencarian alternatif dye alami berbasis antosianin (Suci & Stefanie, 2022).

Antosianin adalah zat warna larut air yang banyak ditemukan pada tanaman dan sering berasosiasi dengan klorofil, pigmen utama yang memberi warna hijau pada tanaman. Kelarutan antosianin dalam air menyebabkan senyawa ini mudah terlarut dalam pelarut air seperti air hujan atau air tanah (Ifadah dkk., 2022). Antosianin memberikan warna merah, ungu, dan merah gelap pada tumbuhan, termasuk pada bunga mawar, bunga kembang sepatu, serta kulit bawang merah (Suryana, 2021).

Kulit bawang merah, yang sering dianggap limbah dapur, mengandung senyawa antosianin yang berpotensi sebagai dye alami dalam DSSC (Ningsih dkk., 2020). Antosianin merupakan pigmen flavonoid yang mampu menyerap cahaya



JURNAL SAINTISKOM

(Sains, Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)

Vol.3, No. 2, Juni 2025

e-ISSN: 3046-6091

<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom>

tampak dan mentransfer elektron ke semikonduktor seperti TiO_2 , sehingga dapat dimanfaatkan sebagai fotosensitizer dalam DSSC (Calogero dkk., 2010). Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya fokus pada pemanfaatan dye dari kulit bawang merah tanpa mempertimbangkan pengaruh variasi pH terhadap kestabilan dan aktivitas antosianin. Padahal, struktur antosianin sangat sensitif terhadap perubahan pH yang dapat mengubah bentuk molekul dan memengaruhi efisiensi transfer elektron. Selain itu, penelitian kuantitatif mengenai pengaruh pH terhadap performa DSSC, seperti arus, tegangan, dan efisiensi listrik, masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kinerja DSSC berbasis dye kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) dengan variasi pH 1, 3, 5, 7, 9, 11, dan 13 untuk menentukan kondisi optimal dye tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan ekstrak etanol kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) sebagai sensitizer serta mengidentifikasi karakteristik zat warna ekstrak tersebut yang telah distabilkan melalui analisis menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dan spektrofotometer UV-Vis.

II. METODE PENELITIAN

1. Ekstraksi Senyawa Kulit Bawang Merah

Ekstraksi senyawa kulit bawang merah dilakukan dengan memisahkan kulit dari daging bawang, membersihkan, dan mengeringkannya selama 14 hari pada suhu ruang. Kulit kering dihaluskan menjadi bubuk simplisia sebanyak 500 gram, lalu dimaserasi dengan etanol 96% selama 3x24 jam. Hasil maserasi disaring dan filtratnya dipekatkan menggunakan vacuum evaporator pada suhu 50°C dan 60 rpm hingga menjadi ekstrak pekat, kemudian dihitung rendemennya. Ekstrak etanol sebanyak 1 gram ditambahkan buffer dengan pH 1, 3, 5, 7, 9, 11, dan 13, lalu efisiensinya diukur secara berkala selama tiga hari.

2. Prefarasi Perangkat DSSC

Sebanyak 1 gram PVA dilarutkan dalam 20 mL akuades dengan magnetic stirrer



JURNAL SAINTISKOM

(Sains, Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)

Vol.3, No. 2, Juni 2025

e-ISSN: 3046-6091

<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom>

pada suhu 80°C hingga membentuk gel, lalu dicampur dengan 1 gram serbuk TiO_2 dan dihomogenkan menjadi pasta (Destari & Padang, 2023). Kaca ITO dibersihkan dengan etanol 96%, dilapisi scotch tape dengan area 1×1 cm dibuka, kemudian dilapisi pasta dan disinter pada 100°C selama 30 menit. Elektroda direndam dalam dye selama 24 jam. Elektroda karbon dibuat dengan menggores sisi konduktif ITO menggunakan pensil 2B dan dipanaskan di atas lilin hingga terlapisi jelaga (Hatib dkk., 2024). Larutan elektrolit dibuat dengan melarutkan 8,3 gram KI dan 1,26 gram I_2 dalam 12 mL waterone, dihomogenkan, dan disimpan dalam botol gelap (Rahayu dkk., 2020). Elektroda kerja dan karbon digabungkan, larutan elektrolit diteteskan pada area 1×1 cm², dijepit dengan klip binder, dan didiamkan di bawah sinar matahari selama 2 jam.

4. Karakterisasi

Variasi pH ekstrak pekat etanol kulit bawang merah dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis setelah diencerkan ke konsentrasi sesuai. Sampel diukur pada panjang gelombang 400-800 nm untuk menentukan efisiensi penyerapan dan λ_{max} . Setelah dilapisi TiO_2 Variasi pH ekstrak pekat etanol kulit bawang merah dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis setelah diencerkan ke konsentrasi yang sesuai. Sampel diukur pada panjang gelombang 400-800 nm untuk menentukan efisiensi penyerapan dan λ_{max} . Kaca ITO yang dilapisi TiO_2 ditetesi ekstrak dengan efisiensi tinggi, dibiarkan meresap dan kering, lalu permukaannya diamati menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk melihat struktur zat warna.

4. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan dan persiapan sampel: Kulit bawang merah dikumpulkan dari pasar lokal dan dibersihkan dari kotoran.
2. Ekstraksi pewarna: Kulit bawang merah diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol.
3. Karakterisasi ekstrak: Ekstrak kulit bawang merah dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan spektrum absorpsi dan kandungan pigmen.
4. Fabrikasi DSSC: DSSC difabrikasi dengan menggunakan TiO_2 nanoporous sebagai lapisan semikonduktor, ekstrak kulit bawang merah sebagai sensitizer, elektrolit I-/I 3 -, dan elektroda lawan platina.
5. Pengujian kinerja DSSC: Kinerja DSSC diuji dengan menggunakan solar simulator dan multimeter untuk mengukur arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), faktor pengisi (FF), dan efisiensi konversi energi (η).
6. Analisis data: Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan pengaruh ekstrak kulit bawang merah terhadap kinerja DSSC.



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Arus dan Tegangan Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)

Hasil pengamatan pengujian arus dan tegangan DSSC berbahan TiO₂ yang diuji menggunakan multimeter digital dan intensitas cahaya matahari yang diukur menggunakan lux meter dapat dilihat pada Tabel dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengujian Arus dan Tegangan DSSC

pH	V (mV)	I (μA)	E ux)
1	466	31,5	39000
3	336	24,4	38100
5	137	13,2	37500
7	127	12,5	37300
9	113	8,3	36800
11	108	6,9	36100
13	90	2,1	35800

Nilai Efisiensi *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh pada pH1

Tabel 2 Hasil Efisiensi DSSC

pH	V (mV)	I (μA)	Lux	Lux	P _{in} (mwat/cm ²)	P _{out} (mw)	η (%)
1	466	31,5	390	39000	5,709	0,014	0,257
3	336	24,4	381	38100	5,577	0,008	0,161
5	137	13,2	375	37500	5,490	0,001	0,032
7	127	12,5	373	37300	5,460	0,001	0,029
9	113	8,3	368	36800	5,387	0,0009	0,017
11	108	6,9	361	36100	5,285	0,0007	0,014
13	90	2,1	358	35800	5,241	0,0001	0,003

Analisis Eksrak Kulit Bawang Merah pH 1

Tabel 3 menunjukkan panjang gelombang dan nilai absorbansi dari ekstrak kulit bawang merah yang diperoleh menggunakan pelarut etanol 96%, yang akan digunakan sebagai zat warna (dye) dalam rangkaian DSSC pada penelitian ini.



Tabel 3 Hasil Efisiensi DSSC pada pH 1

Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
Ekstrak Kulit Bawang Merah	420	0,976

Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan dye dari sumber alami atau sintetis sebagai sensitizer yang menangkap cahaya tampak. Kulit bawang merah berpotensi sebagai dye alami karena kandungan antosianinnya, yang berperan sebagai antioksidan (Adu, Gelyaman, & Kabosu, 2022). Ekstraksi dilakukan dengan menghaluskan kulit bawang merah dan merendamnya dalam etanol 96% untuk mengikat antosianin, senyawa flavonoid polar yang larut dalam pelarut polar (Hasanuddin dkk., 2022). Arus listrik tertinggi dihasilkan pada pH 1, meningkat dari 31,5 μA pada hari pertama menjadi 98,6 μA pada hari ketiga, dan menurun drastis pada pH basa hingga 2,1–3,3 μA , menunjukkan stabilitas antosianin optimal dalam kondisi asam yang mendukung transfer elektron ke TiO_2 . Tegangan tertinggi juga dicapai pada pH 1, dengan nilai hingga 584 mV pada hari ketiga, dan menurun pada pH tinggi akibat degradasi struktur antosianin. Efisiensi DSSC tertinggi ditemukan pada pH 1, mencapai 0,995% pada hari ketiga, sejalan dengan peningkatan arus dan tegangan, sedangkan efisiensi menurun tajam pada pH basa karena perubahan struktur antosianin menjadi bentuk tidak aktif. Stabilitas dye, posisi energi HOMO-LUMO, dan kondisi pH sangat memengaruhi performa DSSC (Grätzel, 2001).

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa pH optimum ekstrak kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) sebagai dye sensitizer adalah pada pH 1, di mana antosianin membentuk kation flavium yang paling stabil. Efisiensi tertinggi dye ini dicapai pada hari ketiga dengan nilai 0,995% pada pH tersebut. Analisis UV-Vis



JURNAL SAINTISKOM

(Sains, Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)

Vol.3, No. 2, Juni 2025

e-ISSN: 3046-6091

<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom>

mengindikasikan panjang gelombang maksimum pada 450 nm dengan absorbansi 0,976, sementara pengamatan morfologi permukaan menggunakan SEM memperlihatkan pori kecil, gumpalan material, dan kristalit kecil. Namun, degradasi kimia dye akibat oksidasi menjadi kendala utama dalam stabilitas jangka panjang DSSC, sehingga disarankan penggunaan antioksidan alami atau penambahan aditif kimia stabil untuk mencegah kerusakan senyawa aktif akibat paparan cahaya dan udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, R. E. Y., Gelyaman, G., Kollo, M. M., & Talan, M. A. (2022). *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Fabrication Using Methanol Extract of Onion Peel as a Natural Sensitizer. Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, 9(4), 1285–1294. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.1114611>
- Calogero, G., Yum, J. H., Sinopoli, A., Di Marco, G., Grätzel, M., & Nazeeruddin, M. K. (2010). Anthocyanins and betalains as light-harvesting pigments for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy*, 84(7), 1094–1100.
- Clement, H. N., Gupta, S., & Tsoken, G. (2024). *Fabrication and Comparison Performance of Dye- Sensitized Solar Cells Based on Single and Cocktail Natural Dyes*. 53(January), 94–107.
- Devadiga, D., Selvakumar, M., Shetty, P., & Santosh, M. S. (2021). Recent progress in dye sensitized solar cell materials and photo-supercapacitors: A review. *Journal of Power Sources*, 493(March), 229698.
- Gonciarz, A., Pich, R., Bogdanowicz, K. A., Drabczyk, K., Sypien, A., Major, Ł., & Iwan, A. (2021). TiO₂ and TiO₂–Ag powders and thin layer toward self-cleaning coatings for PV panel integrated with sound-absorbing screens: Technical approaches. *Journal of Power Sources Advances*, 8(March), 4–9.
- Hasanuddin, A. R. P., Aryandi, R., Suswani, A., & Harmawati, A. (2022). *Optimasi Antosianin Pada Buah Naga Merah (Hylocereus polyrhizus) Sebagai Zat Warna Pada Pemeriksaan Soil-Transmitted Helminth*. 226–238.
- Lestari, E. A. I., & Setiarso, P. (2021). Studi Elektrokimia Ekstrak Betalain Umbi Bit Sebagai Pewarna Alami Dssc (Dye Sensitized Solar Cell). *Unesa Journal of Chemistry*, 10(3), 318–325. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n3.p318-325>
- Pangesti, D. P., & Ningtyas, R. (2023). Ekstraksi Zat Antosianin Daun Jati sebagai Larutan Indikaor Alami pada Kemasan Pintar. *Prosiding Seminar Nasional Tetamekraf*, 2, 115–121.



JURNAL SAINTISKOM

(Sains, Teknologi, Integrasi Keilmuan dan Komputer)

Vol.3, No. 2, Juni 2025

e-ISSN: 3046-6091

<https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/saintiskom>

- Perdani, A. W. (2019). Mini Review : Ekstraksi Antosianin Sebagai Pewarna Makanan Dengan Bantuan Ultrasonik Dan. *Food and Nutrition Research*.
- Rahayu, I. E., Kusyanto, Hermawan, S., & Kandini, A. D. (2020). Metode Ultrasonikasi pada Pembuatan DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell) dengan Dye Antosianin dari Kulit Ekstrak Manggis. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 49–53.
- Rizzo, A., Ferrara, C., & Zuppella, P. (2011). Stability of natural dyes in DSSCs: role of pH and co-sensitization. *Renewable Energy*, 36(11), 2920–2926.
- Sillanp, M. (2021). *Dyes and Pigments Organic / metal-organic photosensitizers for dye-sensitized solar cells (DSSC): Recent developments , new trends , and future perceptions.* 192(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2021.109227>
- Suci, F. C., & Stefanie, A. (2022). Preparasi Ekstrak Bayam Merah (*Amaranthus Gangeticus*) Untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 14(2), 148–154. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.14.2.147-154>
- Supriyanto, A., Ramelan, A. H., Bin Ahmad, M. K., Ramadhani, F., & Saputri, D. G. (2020). Hubungan Sifat Optik terhadap Performa Kinerja Sel Surya DSSC Transparan Berbahan Dye DN-F01 sebagai Sensitizer. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 10(2), 163. <https://doi.org/10.13057/ijap.v10i2.46261>
- Suryana, M. R. (2021). Ekstraksi Antosianin Pada Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.): Sebuah Ulasan. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(2), 45–50. <https://doi.org/10.23969/pftj.v8i2.4049>
- Windi, S. D. (2017). *Dye Sensitized Solar Cell Dengan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus) Sebagai Pemeka Cahaya Dye Sensitized Solar Cell With The Extract Of Red Dragon Fruit (Hylocereus Polyrhizus) Peel Silfia Desima Windi.*