



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 73d4bf2b-cc1d-417f-bef9-bb6b76a2b5cb

laporan akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 2 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

FABRIKASI SEL SURYA BERBASIS PEWARNA DAUN PANDAN SEBAGAI PEWARNA ALAMI DAN VARIASI SEMIKONDUKTOR TiO₂ DAN SnO₂.

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Energi	-	Pengelolaan Energi, Sumberdaya Alam dan lingkungan	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi			SBK Riset Dasar	3	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
AZWAR HAYAT - Ketua Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Mesin	Mengkoordinir penelitian, mengkoordinir pembuatan sel surya, Analisis kinerja sel surya, dan	21948	4

			drafting artikel ilmiah		
NOVRIANY AMALIYAH - Anggota Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Mesin	Mengkoordinir proses pengadaan bahan dan alat penelitian dan analisa perhitungan konversi energi	6005266	3
ASRIADI SAKKA - Anggota Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Mesin	Membantu proses manufaktur sel surya dan analisis kinerja material yang digunakan pada penelitian	6781789	0

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi		International Journal on Engineering Applications
1	Buku Ajar	Editing	Unhas Press
1	Buku Ajar	Review	Unhas Press

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
--------------	--------------	--	---

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 2 Tahun Rp. 120,000,000

Tahun 1 Total Rp. 120,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	-	Paket	1	1,980,000	1,980,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	53,440,000	53,440,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	96	105,000	10,080,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	288	25,000	7,200,000
Sewa Peralatan	Kebun Percobaan	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	1	28,300,000	28,300,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	0	0	0
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	-	Unit	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	1	7,500,000	7,500,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0

Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen feasibility study	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	1	11,500,000	11,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib,	Uang harian rapat di	-	OH	0	0	0

dan Luaran Tambahan	dalam kantor					
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0

Tahun 2 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

6. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Satu alternatif yang cukup menjanjikan dalam produksi sel surya murah dan ramah lingkungan adalah Dye sensitized solar cell atau disingkat DSSC. DSSC merupakan Sel surya berbasis pewarna peka cahaya. DSSC meniru prinsip kerja photosynthesis pada tumbuhan dengan menggunakan pewarna untuk membangkitkan elektron yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. DSSC menggunakan pewarna sebagai elektron generator dengan menyerap energi berupa photon yang terdapat pada sinar matahari. Pewarna yang umum digunakan pada DSSC saat ini adalah pewarna inorganik Ruthenium yang sulit dan mahal proses pembuatannya. Pada penelitian ini, pemanfaatan pewarna alami dari tumbuhan yang banyak terdapat di Indonesia dimanfaatkan sebagai pewarna (dye) pada DSSC. Pada penelitian tahun 1, Pewarna menggunakan ekstrak daun pandan dikombinasi dengan semikonduktor TiO₂ dan SnO₂ akan digunakan sebagai konfigurasi struktur DSSC. Data terkait tingkat absorpsi pewarna pada larutan dan pada permukaan semi konduktor telah diteliti lebih dalam. Pada tahun 2 penelitian, uji efektifitas sel surya telah dilakukan menggunakan kombinasi kedua semikonduktor TiO₂ dan SnO₂ dan lapisan scattering layer untuk meningkatkan distribusi photon dalam sistem DSSC. Tujuan Penelitian ini diharapkan menghasilkan purwarupa sel surya memanfaatkan pewarna daun pandan yang dapat diproduksi secara murah di laboratorium sederhana. Metode Penelitian menggunakan cara eksperimental laboratorium dengan melakukan manufaktur sel surya di laboratorium untuk menghasilkan purwarupa sel surya berbasis pewarna. Penelitian Tahun 1 diawali dengan persiapan alat dan bahan, dilanjutkan dengan karakterisasi pewarna yang digunakan (absorpsi pada larutan dan pada semikonduktor), dilanjutkan dengan pembuatan sel surya, analisis data dan karakterisasi material, dan diakhiri dengan penulisan dan penerbitan Buku ber-ISBN. Saat ini Buku telah memperoleh ISBN dan dalam proses Layouting oleh Penerbit. Penelitian Tahun 2 dilakukan dengan persiapan alat dan bahan, dilanjutkan dengan karakterisasi semi konduktor sebagai scattering layer, dilanjutkan dengan pembuatan sel surya, analisis data dan karakterisasi material, dan diakhiri dengan penulisan dan penerbitan Jurnal Internasional. Penulisan Luaran yang ditargetkan berupa Buku ajar ber-ISBN pada tahun 1 dan Publish Publikasi Internasional Bereputasi pada tahun 2. TKT penelitian diharapkan mencapai TKT 3 pada akhir masa penelitian dengan harapan akan dilanjutkan ke TKT 4-6 pada penelitian Terapan setelah Penelitian dasar ini selesai.

B. KATA KUNCI

Sel surya; pewarna; pandan; titanium dioksida; timah dioksida

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

DSSC sebagai sel surya yang murah dan ramah lingkungan diprediksi akan mampu bersaing dengan sel surya silikon yang telah lebih dulu ada. Albero mengungkapkan bahwa DSSC telah memiliki efisiensi yang cukup baik (berkisar 10,13%) jika dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain seperti organic photovoltaic [1]. Efisiensi yang cukup baik ini dihasilkan oleh pewarna berbasis ruthenium yang cukup sulit dan mahal pada proses pembuatannya. Membuat pewarna untuk DSSC bukanlah hal yang mudah, diperlukan penambahan anchoring groups yang berfungsi untuk melekatkan pewarna pada permukaan semikonduktor TiO_2 .

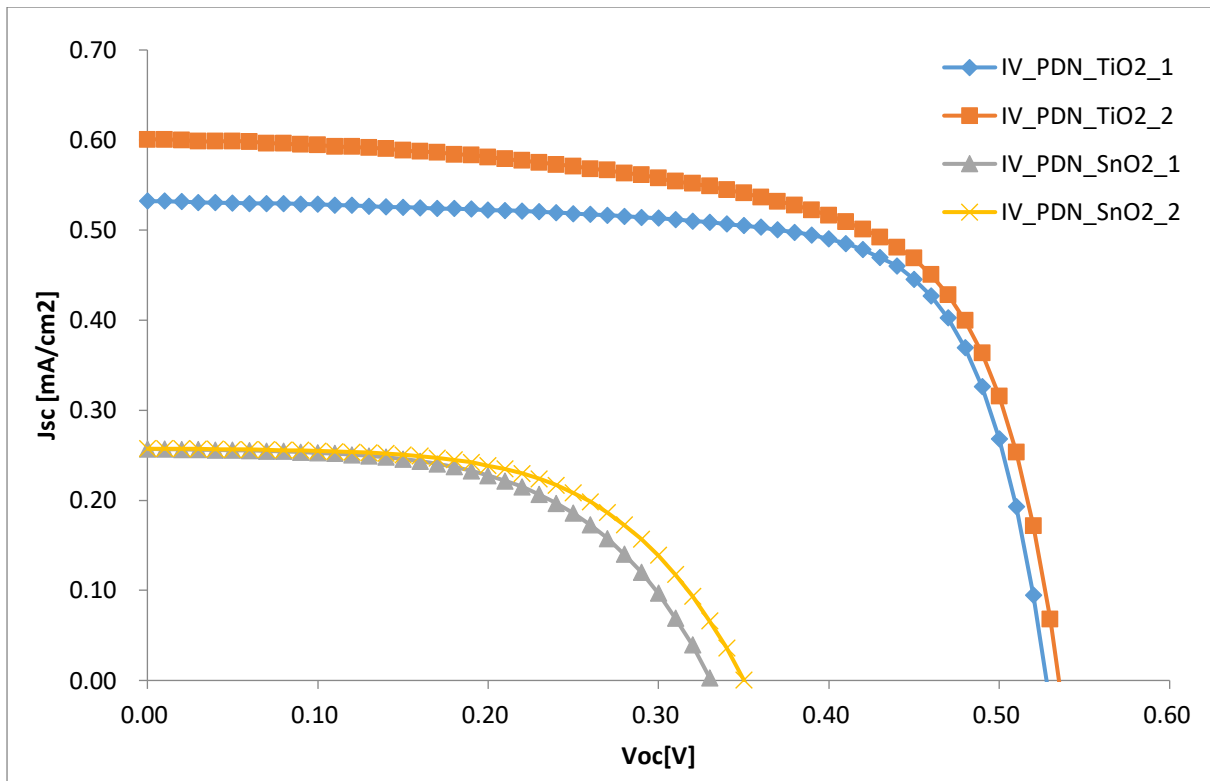
Dengan digunakannya pewarna dari alam, selain menghemat pembuatan pewarna, tidak diperlukan lagi penambahan anchoring groups, juga warna yang dihasilkan oleh pewarna alami sangat beragam. Beragamnya warna yang dapat digunakan juga akan menambah estetika dari sel surya. Pewarna yang beragam ini akan dikombinasikan satu sama lain dengan metode cocktail dan structure modification untuk mengoptimalkan kinerja DSSC seperti yang dilaporkan oleh Ajay[2] dan Koyyad[3].

Pelaksanaan kegiatan penelitian berupa Pembuatan Sel Surya berbahan dasar pewarna organik telah berhasil dilakukan dengan memakai pewarna alami Daun Pandan (PDN). Pewarna organik ini telah difabrikasi dengan menggunakan dua jenis semi konduktor yang berbeda yaitu Titanium dioksida (TiO_2) dan Tin dioksida (SnO_2). Data Hasil Penelitian Sel Surya dengan Pewarna Daun Pandan terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 1 dan 2.

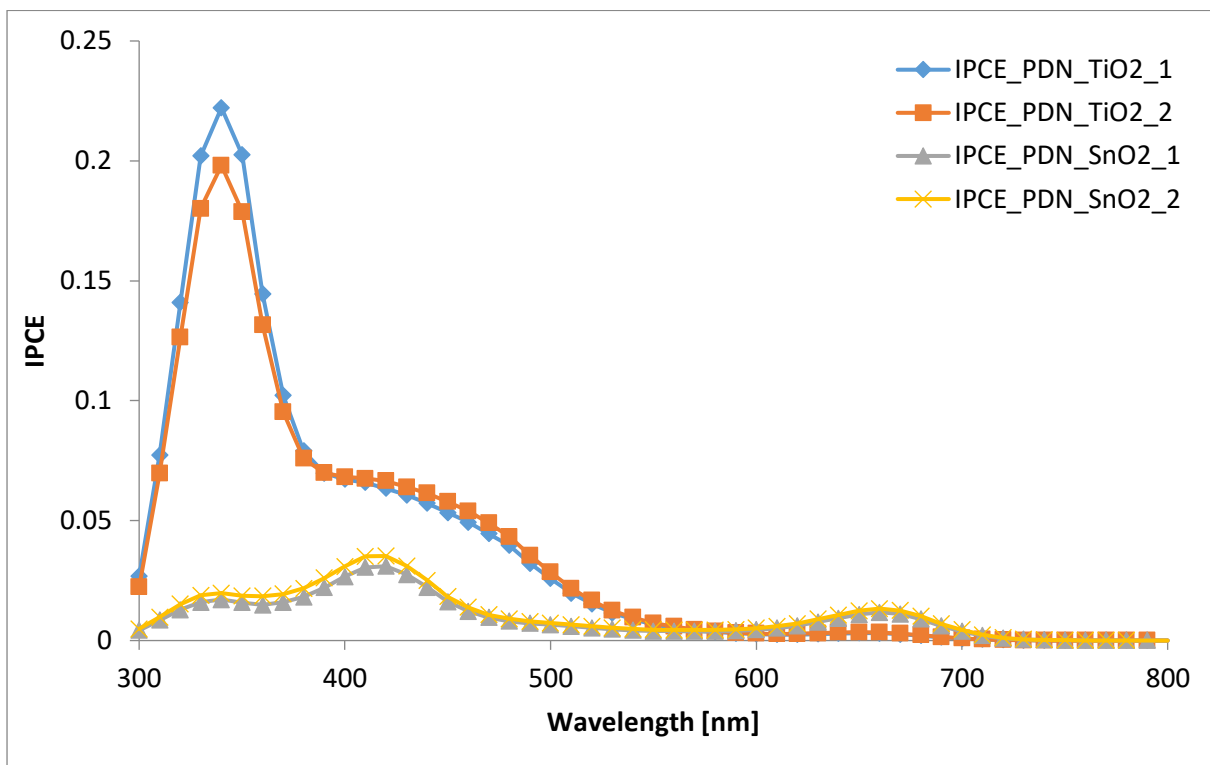
Tabel 1 Efisiensi Sel Surya dengan Pewarna Daun Pandan

	IV_PDN_TiO2_1	IV_PDN_TiO2_2	IV_PDN_SnO2_1	IV_PDN_SnO2_2
Efficiency[%]	0.203	0.212	0.047	0.052
FF	0.721	0.659	0.558	0.577
Voc[V]	0.528	0.535	0.331	0.350
Jsc[mA/cm ²]	0.532	0.601	0.257	0.257

Terlihat bahwa efisiensi sel surya yang menggunakan semikonduktor TiO_2 lebih tinggi dibanding semikonduktor SnO_2 . Hal ini dikonfirmasi lebih lanjut pada grafik Incident photon-to-current conversion efficiency (IPCE). IPCE pada sel surya yang menggunakan TiO_2 mampu mengekstraksi energi matahari lebih baik pada range panjang gelombang 300 nm – 600 nm. Sedangkan sel surya yang menggunakan SnO_2 lebih lemah mengekstraksi energi pada 300 nm – 600 nm dibanding TiO_2 tetapi mampu mengekstraksi cahaya di panjang gelombang 600 nm – 700 nm lebih baik dibanding TiO_2 .



Gambar 1. Karakteristik J-V dari Sel Surya dengan Pewarna daun Pandan dengan variasi semikonduktor TiO_2 dan SnO_2



Gambar 2. Karakteristik IPCE dari Sel Surya dengan Pewarna daun Pandan dengan variasi semikonduktor TiO_2 dan SnO_2

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung

dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Luaran wajib untuk tahun 1 pelaksanaan PDUPT ini adalah Buku Ajar. Saat ini buku ajar tersebut **sudah memperoleh ISBN** dan sementara dilakukan proses Layouting oleh tim penerbit di Unhas Press untuk penerbitannya.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Tidak ada mitra untuk Skim PDUPT

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Sampai saat ini belum ada kendala yang berarti dalam pelaksanaan penelitian ini

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Untuk tahapan selanjutnya, Pewarna daun pandan yang berpotensi dilakukan peningkatan efisiensi lagi dengan menggunakan *scattering layer* untuk memaksimalkan perolehan cahaya yang masuk ke sistem sel surya tersebut. Hal ini telah direncanakan pada penelitian Tahun 2.

Kegiatan yang lain adalah menunggu hasil layouting dan penerbitan buku ajar yang berisi hasil penelitian produksi sel surya murah dengan bahan-bahan organik yang banyak tumbuh di Indonesia.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Nazeeruddin, Md K., P. Pechy, and M. Grätzel. (1997) "Efficient panchromatic sensitization of nanocrystalline TiO₂ films by a black dye based on a trithiocyanato-ruthenium complex." *Chemical Communications* 18: 1705-1706.
2. Nazeeruddin, Md K., A. Kay, I. Rodicio, R. Humphry-Baker, E. Müller, P. Liska, N. Vlachopoulos, and M. Grätzel. (1993) "Conversion of light to electricity by cis-X₂bis (2, 2'-bipyridyl-4, 4'-dicarboxylate) ruthenium (II) charge-transfer sensitizers (X= Cl-, Br-, I-, CN, and SCN-) on nanocrystalline titanium dioxide electrodes." *Journal of the American Chemical Society* 115, no. 14: 6382-6390.
3. O'Regan, B., and M. Gratzel. (1991) "Solar energy conversion by dye-sensitized photovoltaic cells." *Nature* 353: 737-740.
4. Mathew, Simon, Aswani Yella, Peng Gao, Robin Humphry-Baker, Basile FE Curchod, Negar Ashari-Astani, Ivano Tavernelli, Ursula Rothlisberger, Md Khaja Nazeeruddin, and Michael Grätzel. (2014) "Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers." *Nature chemistry* 6, no. 3: 242-247.
5. LP2M Unhas, Renstra, Rencana Strategis Penelitian Universitas Hasanuddin 2020-2024.
6. Setiawan, dkk. 2015. Sel Surya Berbasis Pewarna Alami dan Potensi Pengembangannya di Indonesia sebagai Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan. Bali: UU
7. Koyyada, Ganesh, Sanchari Shome, M. Chandrasekharam, G. D. Sharma, and Surya Prakash Singh. (2016) "High performance dye-sensitized solar cell from a cocktail solution of a ruthenium dye and metal free organic dye." *RSC Advances* 6, no. 47: 41151-41155.
8. Ajay. K. Baranwal, Naotoko Fujikawa, Azwar Hayat, Yuhei Ogomi, Shyam S Pandey, Tingli Ma and Shuzi Hayase (2015), *Applied Physics Express*, 8 (10), 102301.

9. Azwar Hayat, Shyam S Pandey, Tingli Ma and Shuzi Hayase (2014), Transparent Conductive Oxide free Dye sensitized solar cell using flat Titanium sheet, *11th International Conference on Nano-Molecular Electronics*, Kobe, Jepang
10. Azwar Hayat, Gururaj M. Shivashimpi, Terumi Nishimura, Naotaka Fujikawa, Yuhei Ogomi, Yoshihiro Yamaguchi, Shyam S. Pandey, Tingli Ma, and Shuzi Hayase. (2015) "Dye-sensitized solar cells based on axially ligated phosphorus-phthalocyanine dyes." *Applied Physics Express* 8, no. 4: 047001.
11. Shivashimpi, Gururaj M., Shyam S. Pandey, Azwar Hayat, Naotaka Fujikawa, Yuhei Ogomi, Yoshihiro Yamaguchi, and Shuzi Hayase. (2014) "Far-red sensitizing octafluorobutoxy phosphorous triazatetrabenzocorrole: Synthesis, spectral characterization and aggregation studies." *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 289: 53-59.
12. Hayat, A., Baranwal, A.K., Nakamura, M., Shigeki, F., Pandey, S.S., Ma, T. and Hayase, S., 2017. Transparent conductive oxide-less back contact dye-sensitized solar cells using flat titanium sheet with microholes for photoanode fabrication. *Journal of Photonics for Energy*, 7(1), p.015501.
13. Hayat, A., Putra, A.E.E., Amaliyah, N., Hayase, S. and Pandey, S.S., 2018, March. Piper Ornatum and Piper Betle as Organic Dyes for TiO₂ and SnO₂ Dye Sensitized Solar Cells. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 979, No. 1, p. 012062). IOP Publishing.
14. Hayat, A., Putra, A.E.E., Amaliyah, N. and Pandey, S.S., 2019, October. Clitoria ternatea flower as natural dyes for Dye-sensitized solar cells. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 619, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.



Sel Surya dengan Pewarna Alami

Azwar Hayat



Sel Surya dengan Pewarna Alami

Sel Surya dengan Pewarna Alami

Azwar Hayat

Penerbit



Sel Surya dengan Pewarna Alami

Penulis

Azwar Hayat

Tata Letak dan Desain Sampul

Muhammad Ihlusul Amal

Cetakan I 2022


ISBN 978-979-530-417-3

e-ISBN 978-979-530-418-0

Penerbit

Unhas Press

Gedung UPT Unhas Press, Kampus Unhas Tamalanrea
Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar, Sulawesi Selatan

  +62 8229 9555 591

 unhaspress@gmail.com

 unhaspress.unhas.ac.id

Anggota IKAPI Nomor: 002/SSL/01 dan
APPTI Nomor: 005.026.1.03.2018

Hak Cipta ©Azwar Hayat. *All rights reserved.*

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak isi buku ini, baik sebagian maupun seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penulis/penerbit.

Kata Pengantar

Energi surya adalah bentuk energi yang paling melimpah yang ada di bumi ini. Pemanfaatan energi surya sebagai salah satu sumber energi utama sudah mulai dilakukan di beberapa negara di Eropa. Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan intensitas dan waktu penyinaran yang relatif konstan sepanjang tahun, hendaknya mulai memanfaatkan energi surya lebih banyak dibanding negara-negara di Eropa tersebut. Kurangnya lembaga riset energi surya dan mahal biaya produksi sel surya membuat penelitian di bidang ini masih kurang dilirik. Dengan makin banyaknya penelitian tentang energi surya, informasi lebih jauh dan mendalam tentang sel surya terutama tentang proses produksi dan proses konversi energinya dapat lebih dipahami.

Silikon merupakan salah satu material yang umum dikenal sebagai sel surya. Akan tetapi, sel surya silikon memerlukan biaya dan energi yang besar dalam proses produksinya. Salah satu alternatif yang cukup menjanjikan *dye sensitized solar cell* atau Sel Surya berbasis Pewarna (SSP) yaitu sel surya berbasis pewarna peka cahaya sebagai bahan dasarnya. SSP meniru prinsip kerja *photosynthesis* pada tumbuhan dengan menggunakan pewarna untuk membangkitkan *electron* dengan menyerap energi berupa *photon* yang terdapat pada

sinar matahari yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Diharapkan dari buku ini akan lebih dipahami mengenai proses terjadinya konversi energi surya menjadi energi listrik serta proses produksi sel surya murah berbasis pewarna ini.

Azwar Hayat

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Pendahuluan	1
Bab 1 Konsumsi dan Sumber Energi	3
1.1. Konsumsi Minyak Bumi Global	3
1.2. Sumber Energi Terbarukan	6
1.2.1. Energi Angin	6
1.2.2. Biomassa dan Bioenergi	11
1.2.3. Pembangkit Tenaga Air	15
1.2.4. Tenaga Nuklir	17
1.2.5. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	22
Referensi	22
Bab 2 Energi Surya	25
2.1. Matahari	26
2.2. Radiasi Matahari	30
2.3. Massa Udara (<i>Air Mass</i>)	34
2.4. Sudut Azimuth	37
2.5. Pengukuran Radiasi Matahari	38
Referensi	42

Bab 3	Teknologi Sel Surya	45
3.1.	Sel Surya Silikon	45
3.1.1.	Monokristalin Silikon	47
3.1.2	Polikristalin Silikon	49
3.1.3	Amorphous Silikon	50
3.2	Sel Surya Film Tipis	52
3.2.1	Kadmium Telluride (CdTe)	53
3.2.2	Copper Indium Gallium diSelenide (CIGS)	56
3.3.3	Galium Arsenide (GaAs)	58
3.3	Sel Surya Generasi Ketiga	60
3.3.1	Sel Surya Heterojungsi	61
3.3.2	Sel Surya Organik	63
3.3.3	Sel Surya berbasis Pewarna (SSP)	66
3.3.4	Sel Surya Perovskite	67
	Referensi	69
Bab 4	Sel Surya Berbasis Pewarna (SSP)	71
4.1.	Sejarah singkat SSP	71
4.2.	Struktur SSP	74
4.3.	Prinsip Kerja SSP	75
4.4.	Komponen SSP	77
4.4.1.	Elektroda Kerja	77
4.4.2.	<i>Dye</i> (Pewarna)	78
4.4.3.	Pasangan Redox	81
4.4.4.	Elektroda Lawan	81
4.5.	Perhitungan Kinerja SSP	82
4.5.1.	Tegangan Sirkuit Terbuka (V_{oc})	83
	Referensi	84

Bab 5	SSP Menggunakan Pewarna Alami	89
5.1.	SSP dengan Pewarna Bunga Telang	89
5.1.1.	Persiapan Pewarna	89
5.1.2.	Persiapan Pembuatan Sel Surya	90
5.1.3.	Simpulan Hasil	93
5.2.	SSP dengan Pewarna Daun Sirih	93
5.2.1.	Persiapan Pewarna	93
5.2.2.	Persiapan Pembuatan Sel Surya	94
5.2.3.	Simpulan Hasil	97
5.3.	SSP dengan Pewarna Daun Pandan	97
5.3.1.	Persiapan Pewarna	98
5.3.2.	Persiapan Pembuatan Sel Surya	98
5.3.3.	Simpulan Hasil	101

Pendahuluan

Sel fotovoltaik, juga disebut sel surya, adalah perangkat yang menciptakan listrik dari cahaya. Jenis yang paling umum terbuat dari silikon dalam proses yang mirip dengan cara chip komputer dibuat dan membutuhkan pabrik mahal yang besar. Salah satu alternatif yang mungkin untuk sel silikon adalah sel surya berbasis pewarna, yang kurang efisien, tetapi jauh lebih murah untuk diproduksi. Pewarna menyerap cahaya dan mentransfer elektron tereksitasi ke titanium dioksida. Bahan semikonduktor titanium dioksida memisahkan muatan. Pasangan redoks I/I_3^- menutup siklus elektron yang terjadi. Pada buku ini, kita akan melihat penggunaan pewarna alami untuk membuat sel surya berbasis pewarna sederhana dan mengukur daya yang dihasilkan sel surya tersebut.

Dalam buku ini akan terbagi menjadi 5 Bab, yaitu:

- Bab 1 Konsumsi dan Sumber Energi
- Bab 2 Energi Surya
- Bab 3 Teknologi Sel Surya
- Bab 4 Sel Surya berbasis Pewarna (SSP)
- Bab 5 SSP dengan Pewarna Alami

Sel fotovoltaik yang disebut juga sebagai sel surya merupakan perangkat yang bisa menciptakan listrik dari cahaya. Umumnya, perangkat ini terbuat dari silikon dengan cara kerja yang serupa dengan *chip* komputer dan tentu saja memiliki biaya produksi yang besar.

Salah satu alternatif pengganti sel silikon yakni sel surya berbasis pewarna yang kurang efisien, namun lebih murah. Alternatif ini disebut juga sebagai *Dye Sensitized Solar Cell* atau Sel Surya berbasis Pewarna (SSP). SSP pada dasarnya meniru prinsip kerja fotosintesis pada tumbuhan dengan menggunakan pewarna untuk membangkitkan elektron dengan menyerap energi foton pada sinar matahari.

Buku ini, diharapkan bisa memberikan gambaran proses terjadinya konversi energi surya menjadi listrik serta proses produksi sel surya murah berbasis pewarna.



Azwar Hayat adalah dosen di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Ia menerima gelar master di tahun 2011 dan Ph.D. di tahun 2015 pada *Graduate School of Life Science and System Engineering* di *Kyushu Institute of Technology*, Jepang. Bidang penelitian yang ditekuni adalah Material untuk sel surya, terutama pada jenis Sel surya berbasis pewarna. Sejumlah publikasi telah dihasilkannya di jurnal *peer-review* internasional bereputasi, prosiding konferensi internasional dan nasional berkaitan dengan penelitian sel surya berbasis pewarna. Karyanya mencakup banyak percobaan dengan sel surya dengan pewarna alami dengan berbagai jenis struktur dan aplikasinya. Dalam tujuh tahun terakhir, telah diperoleh lebih dari lima hibah penelitian nasional dari Pemerintah Indonesia selama karirnya untuk pekerjaan penelitiannya. Selain meneliti, ia juga aktif sebagai *peer-reviewer* di beberapa jurnal penelitian dan pengabdian terkait energi baru dan terbarukan.



Gedung UPT Unhas Press
Kampus Unhas Tamalanrea
Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10
Email: unhaspress@gmail.com
Makassar

