



Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Limbah Teh Padat Hasil Pabrik

Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) using The Extract Solid Tea Waste from The Factory

Ananda Azhari Aprianty Pabo¹, Milenia Magdalena Kassa², Richard Domingo³, Medlyn Elmitria Tapai⁴, Carolus Aditya Chandra Pratama⁵, Ariyanti Sarwono^{6*}, dan I Wayan Koko Suryawan⁷

¹Kimia, Fakultas Sains dan Ilmu Komputer, Universitas Pertamina.

²Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina.

^{3,6} Teknik Geologi, Fakultas Teknologi, Eksplorasi, dan Produksi, Universitas Pertamina.

⁴Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pertamina.

⁵Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pertamina.

⁷ Universitas Pertamina, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, 12220

*Corresponding Author: ariyantisarwono@universitaspertamia.ac.id

Article Info:

Received: 30 - 08 - 2021

Accepted: 26 - 11 - 2021

Kata kunci: DSSC, fotoelektrokimia, limbah teh

Keywords: DSSC, photochemical, tea waste

Abstrak: Sebagai penghasil teh terbesar ketujuh di dunia, Indonesia mampu menghasilkan total 137.803 ton pada tahun 2019 dengan jumlah limbah yang besar dari industri teh. Dalam penelitian ini, konsep *zero waste* diterapkan dari perkebunan hingga pabrik teh untuk meminimalkan limbah sampah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *light trap* berbasis DSSC yang berasal dari limbah pabrik teh. Karbon termodifikasi dan pewarna dari limbah teh diteliti untuk mengembangkan prototipe DSSC menggunakan metode *sandwich* dengan melapisi TiO₂ pada kaca ITO (Indium Tin Oxide). Elektroda *counter* dan pewarna dibuat dengan mengkalsinasi limbah tanaman teh (batang, daun, dan sebagainya) dan mengekstraksi limbah teh olahan, masing-masing daun teh yang digunakan berbeda (teh hitam, teh hijau, dan teh putih) dan jenis katoda yaitu karbon dan besi berkarat, juga dibandingkan. Selain itu, variasi ketebalan *carbon electrode counter* dimodifikasi dan luas penampang juga dilakukan. Efisiensi dan jumlah energi yang dihasilkan dalam penerapan DSSC pada *light traps* telah diperkirakan. Besaran tegangan DSSC terbaik terdapat pada luas penampang dengan ukuran 100 cm² dengan jenis dye teh hitam sebesar 612,4 mV dengan efisiensi sebesar 1,2002% dengan elektroda besi berkarat.

Abstract: As the seventh largest tea producer in the world, Indonesia generates an estimated total of 137.803 tons in 2019 with large quantities of wastes from tea industries. In this project, zero waste concept was implemented from farm to tea factory to minimize waste generation. Tea objective of this study is to fabricate *light trap* based on DSSC derived from tea factory waste. Both modified carbon and dyes from tea waste were investigated to develop DSSC prototype using *sandwich* method by coating TiO₂ on ITO (Indium Tin Oxide) glass. The counter electrode and dyes were prepared by calcinating tea plant waste (stem, leaves, etc.). Extracting processed tea waste, respectively leaves used (black tea, green tea, and white tea) and cathode type carbon and rust of iron were compared. Variations in tea thickness of counter modified carbon electrode and area were performed. Tea efficiency and amount of energy generated in tea application of DSSC in *light traps* was estimated. The best DSSC voltage is found in size of 100 cm² with a black tea dye of 612.4 mV with an efficiency of 1.2002% using strained-iron electrode.

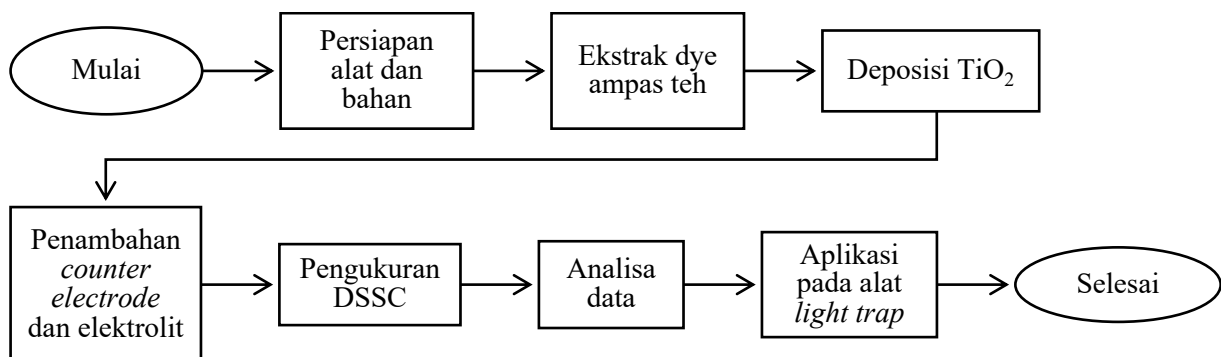
1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang juga mendukung dalam pertumbuhan ekonomi menyebabkan adanya peningkatan kebutuhan energi di dalam berbagai sektor. Utami menyatakan bahwa Indonesia membutuhkan pasokan energi sebanyak 290 juta ton pada tahun 2020 ini dan jumlah kebutuhan energi ini akan terus mengalami kenaikan tiap tahunnya (Utami, 2020). Untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia, pemerintah memutuskan untuk mengoptimalkan beberapa potensi energi non fosil, salah satunya ialah energi tenaga surya. Energi surya diprediksi akan menjadi sumber energi utama di dunia pada awal tahun 2050 (Dewan energi nasional, 2014). Didukung dengan adanya rencana pemerintah dalam mengimplementasikan DSSC dan sel surya sebesar 23-31% pada tahun 2025-2050 tercantum dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) (Daniswara dkk., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi terkait potensi limbah teh sebagai sumber *natural dye* yang nantinya akan digunakan dalam pembuatan DSSC. Diketahui bahwasanya Indonesia merupakan negara yang pernah menduduki peringkat kedua dan ketujuh pada tahun 1940 dan 2015 sebagai negara penghasil teh terbesar di dunia (Habib, 2021) dengan total produksi sebesar 139.362 ton per tahunnya (Aulia, 2019). Berdasarkan data statistik yang dikeluarkan oleh RADAR deplantation.com menyatakan kenaikan permintaan teh akan mengalami kenaikan sebesar 2,62% per tahun selama 2020-2025 (DePlantation.com, 2021). Adanya peningkatan permintaan teh yang meningkat setiap tahunnya nyatanya juga diiringi dengan peningkatan jumlah limbah hasil produktivitas setiap tahunnya. Limbah padat teh yang mampu dihasilkan oleh satu buah pabrik mampu mencapai 400kg/hari (Dwiningrum, 2017). Untuk mengurangi jumlah limbah padat teh di Indonesia, peneliti ingin menambah nilai jual dari ampas teh dengan menjadikannya sebagai salah satu komponen utama di dalam rangkaian DSSC, yaitu *dye*. Tak hanya itu, pemanfaatan limbah teh padat sebagai *dye* juga dapat membantu pemerintah dalam menciptakan pembangunan yang berkelanjutan dengan memenuhi tujuan nomor 7, yaitu *Affordable and Clean Energy* melalui DSSC (Bappenas, 2020). Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah membuat prototipe DSSC yang berpotensi diaplikasikan pada teknologi alat *light trap*, menentukan nilai tegangan tertinggi, dan menentukan efisiensi terbaik dari prototipe DSSC dengan jenis elektroda yang berbeda.

2. Metode

Metode *doctor blade* dan struktur *sandwich* akan diaplikasikan pada penelitian ini guna menciptakan prototipe DSSC yang mudah dan ekonomis. Adapun tujuan dari penerapan metode *doctor blade* adalah proses pelapisan pasta TiO_2 pada kaca konduktif ITO, sedangkan struktur *sandwich* merupakan metode yang berguna untuk menggabungkan seluruh komponen DSSC. Adapun skema secara umum pembuatan seluruh komponen DSSC yang akan diaplikasikan pada alat *light trap* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema Pembuatan DSSC yang Diaplikasikan pada *Light Trap*

2.1 Ekstrak dye Limbah Padar Teh

Ekstrak *dye* limbah padat teh hitam, teh hijau, dan teh putih dilakukan dengan menggunakan metode maserasi dengan lama perendaman ± 3 hari dengan 30 mL etil asetat dengan berat masing-masing ampas teh sebanyak 5 gram. Proses ekstraksi (maserasi) ampas teh dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Proses Ekstraksi (Maserasi) Ampas Teh

2.2 Deposisi pasta TiO₂ dan perangkaian DSSC dengan metode *sandwich*

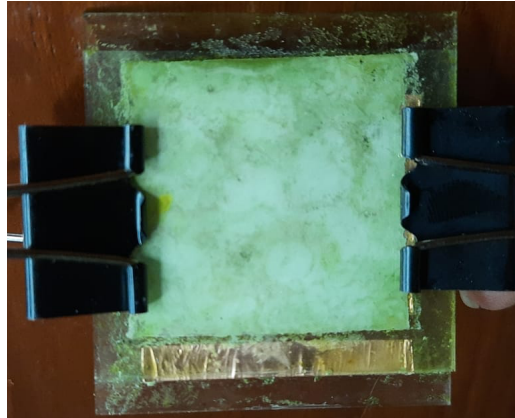
Deposisi TiO₂ menggunakan metode *sandwich*. Variasi ketebalan lapisan TiO₂ diperoleh dengan cara memvariasi jumlah lapisan saat deposisi TiO₂ di atas kaca ITO dengan ukuran 100, 200, 300 μ m. Sisi kaca ITO ditentukan dengan multimeter digital kemudian dilapisi dengan pasta TiO₂ dengan pipet, lalu didiamkan hingga kering. Dilanjutkan dengan perendaman kaca yang sudah dilapisi pada larutan dye selama 24 jam. Proses deposisi TiO₂ dan perendaman kaca dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Proses Deposisi TiO₂ dan Perendaman Kaca

2.3 Struktur *Sandwich*

Pada tahapan ini, kaca ITO yang tidak dilapisi oleh pasta TiO₂ akan dilapisi dengan elektroda karbon dan lempengan besi berkarat. Setelah itu, kaca tersebut ditumpuk dengan kaca ITO yang telah terlapi pasta TiO₂ dan dijepit menggunakan penjepit kertas. Untuk menyempurnakan prototipe DSSC, ditambahkan larutan iodine atau betadine dengan pipet tetes melalui rongga kaca ITO hingga seluruh permukaan terlapi oleh larutan elektrolit. Untuk menentukan tegangan, arus, serta daya dari prototipe DSSC dilakukan pengukuran menggunakan multimeter digital. Struktur *sandwich* pada tahap ini dapat dilihat pada **Gambar 4**.



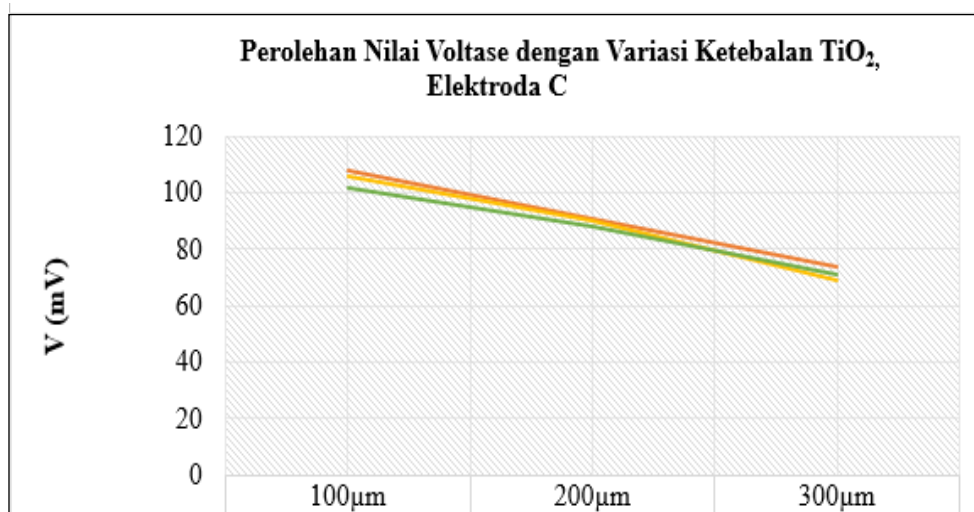
Gambar 4. Hasil Prototipe DSSC

3. Hasil dan Pembahasan

Prototipe DSSC yang sudah dirangkai akan diukur nilai daya hantar, tegangan, serta kuat arus listrik menggunakan multimeter digital dengan dua jenis elektroda dan ketebalan TiO_2 yang berbeda. Sejalan dengan yang telah dikemukakan oleh Dewi dkk. (2016), tujuan pengukuran pada perbedaan ketebalan TiO_2 pada penelitian ini adalah: untuk mendapatkan efisiensi terbaik, melihat, dan membuktikan adanya pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap peningkatan nilai efisiensi prototipe DSSC yang dihasilkan. Adapun hasil pengukuran nilai daya hantar, tegangan, serta kuat arus listrik dengan jenis elektroda Karbon (C) dan pengaruh ketebalan TiO_2 dapat di lihat pada **Tabel 1.** dan **Gambar 5.** Berdasarkan hasil pengukuran pada **Tabel 1.**, didapatkan hasil efisiensi pada masing-masing jenis teh seusi pada **Tabel 2.** Sedangkan untuk hasil pengukuran daya hantar, tegangan, serta arus listrik DSSC dan pengaruh ketebalan TiO_2 pada elektroda besi berkarat (Fe) dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.** dan **Gambar 6.**

Tabel 1. Penentuan daya hantar, tegangan, serta arus listrik DSSC dengan elektroda Karbon (C)

Ketebalan TiO_2 (μm)	Teh Hitam			Teh Putih			Teh Hijau		
	I (μA)	V (mV)	$P \times 10^{-8}$ (W)	I (μA)	V (mV)	$P \times 10^{-8}$ (W)	I (μA)	V (mV)	$P \times 10^{-8}$ (W)
100	0,93	108,2	10,0626	0,72	102	7,3440	0,87	105,7	9,1959
200	0,85	90,7	7,7095	0,66	88,3	5,8278	0,76	90,1	6,8476
300	0,58	73,5	4,2630	0,53	71,2	3,7736	0,49	68,9	3,3761



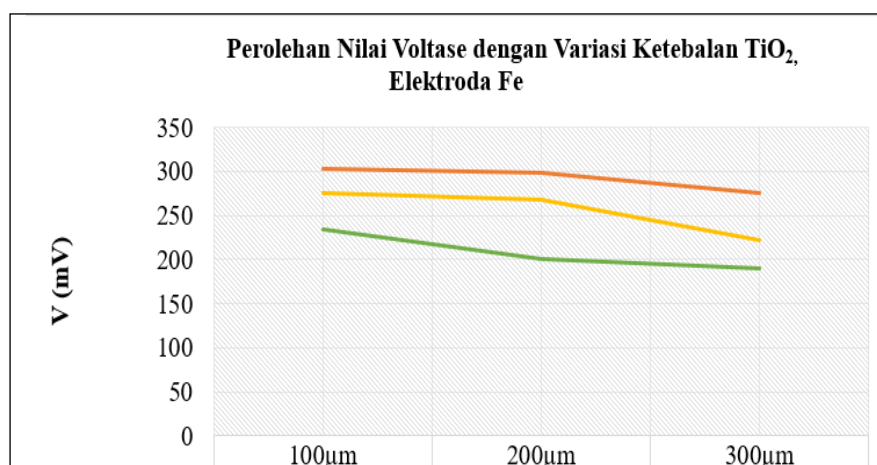
Gambar 5. Pengaruh hasil tegangan DSSC terhadap ketebalan TiO_2 dengan elektroda karbon (C)

Tabel 2. Efisiensi masing-masing prototipe DSSC dengan tiga jenis *dye* limbah teh padat dengan elektroda karbon (C)

Jenis dye	Efisiensi (%)
Teh Hitam	0,0778
Teh Hijau	0,0675
Teh Putih	0,0589

Tabel 3. Penentuan daya hantar, tegangan, serta arus listrik DSSC dengan elektroda besi berkarat (Fe)

Ketebalan TiO ₂ (μm)	Teh Hitam			Teh Putih			Teh Hijau		
	I (μA)	V (mV)	Px10 ⁻⁸ (W)	I (μA)	V (mV)	Px10 ⁻⁸ (W)	I (μA)	V (mV)	Px10 ⁻⁸ (W)
100	2,21	302,4	6,6830	1,77	234,5	4,1507	2,0	275,8	5,4318
200	1,96	299,1	5,8624	1,38	200,3	2,7641	1,5	268	4,1808
300	1,34	274,8	3,6823	0,88	189,8	1,6202	1,1	222,1	4,2199



Gambar 6. Pengaruh hasil tegangan DSSC terhadap ketebalan TiO₂ dengan elektroda besi berkarat (Fe)

Berdasarkan hasil pengukuran (**Tabel 3**) didapatkan hasil efisiensi pada masing-masing jenis teh yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Efisiensi masing-masing prototipe DSSC dengan tiga jenis *dye* limbah teh padat dengan elektroda besi berkarat (Fe)

Jenis dye	Efisiensi (%)
Teh Hitam	1,2002
Teh Hijau	0,7422
Teh Putih	0,6350

Pada penelitian ini terdapat dua aktivitas utama yaitu pembuatan prototipe DSSC dan pengaplikasian alat DSSC pada teknologi *light trap*. DSSC dibuat dengan metode *sandwich* dimana di dalam penyusunannya semua komponen yang dibutuhkan akan disusun secara berlapis dan bertahap. Proses pembuatan prototipe DSSC ini terbagi menjadi empat tahapan penting, yaitu preparasi TiO₂, deposisi TiO₂ pada kaca konduktor ITO, pembuatann *dye*, dan penyusunan *sandwich*. Pada tahap

preparasi TiO_2 dan deposisi TiO_2 ini bertujuan untuk membuat pasta TiO_2 dengan cara melarutkan bubuk TiO_2 dengan larutan etil asetat yang nantinya akan dilapiskan ke substrat (kaca ITO). TiO_2 sendiri berperan sebagai fotoanoda yang akan menjadi tempat penyimpanan elektron sebelum elektron tersebut dikonversi menjadi listrik yang akan dihantarkan melalui kaca konduktor ITO. TiO_2 merupakan salah satu bahan semikonduktor berbentuk nanopori yang bersifat inert, memiliki kestabilan yang baik, tidak mudah mengalami korosi, dan harganya murah. Lapisan TiO_2 di dalam DSSC memiliki kemampuan untuk menyerap *dye* sehingga jumlah cahaya yang terabsorb akan berbanding lurus dengan jumlah *dye* yang diserapnya (Kumara dan Prajitno, 2012).

Penggunaan *dye* di dalam DSSC sebagai *fotosensitizer* membuat DSSC dikenal sebagai energi yang ramah lingkungan. Ampas teh hitam, teh putih, dan teh hijau ternyata mengandung senyawa antosianin, klorofil, dan xantofil. Zat antosianin dan klorofil di dalam ampas teh tersebut dipercaya memiliki kemampuan memberikan warna pada tumbuhan, menyerap cahaya matahari dan mampu mengubahnya menjadi energi kimia (Kumara dan Prajitno, 2012). Zat antosianin sendiri memiliki keunikan dalam struktur kimianya, hal ini dibuktikan adanya ikatan π yang dapat memudahkan elektron tereksitasi dan mampu meningkatkan nilai efisiensi dari DSSC itu sendiri (Windi, 2017). Dalam rangka mengurangi dan membantu pemerintah dalam mereduksi jumlah limbah dan memenuhi kebutuhan energi melalui pembuatan DSSC maka peneliti memutuskan untuk menggunakan limbah teh untuk menghasilkan energi listrik. Pada tahap penyusunan prototipe dengan metode *sandwich* ditambahkan sebuah elektrolit dalam hal ini yaitu betadine yang mengandung Iodine (I^-) dan triiodide (I_3^-) yang berperan sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Elektrolit ini ditambahkan dengan tujuan agar *dye* memiliki tegangan sel dan memiliki kestabilan yang tinggi dalam menghasilkan energi listrik. Sedangkan karbon dan besi berkarat akan berperan sebagai elektroda dengan tujuan untuk mempercepat proses reduksi triiodide pada kaca ITO.

Prinsip kerja DSSC dimulai dari proses penyerapan cahaya matahari oleh larutan *dye* yang melekat pada pasta TiO_2 , setelah itu elektron yang tertampung di dalam *dye* akan tereksitasi dan diinjeksikan pada pita konduksi TiO_2 dan disimpan untuk sementara waktu. Kemudian elektron yang berada di dalam TiO_2 akan ditransfer melalui elektroda. Larutan elektrolit akan membentuk triiodide yang dapat menangkap elektron yang ditransfer oleh elektroda karbon atau besi berkarat. Akibatnya elektron yang tereksitasi di awal akan masuk kembali ke dalam sel dan teroksidasi (Ekasari dkk., 2013). Untuk membuktikan adanya energi cahaya yang terkonversi menjadi energi listrik pada protipe DSSC yang dibuat dilakukan pengukuran DSSC menggunakan alat multimeter. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 1. dan Tabel 3.** dapat disimpulkan bahwasanya DSSC dengan elektroda besi berkarat memiliki nilai efisiensi lebih besar dibandingkan DSSC dengan elektroda karbon. Adapun nilai efisiensi DSSC dengan elektroda besi berkarat dengan variasi teh hitam, teh putih, dan teh hijau berturut-turut adalah 1,2002%; 0,6350%; dan 0,7422%. Sedangkan pada elektroda karbon didapatkan efisiensi sebesar 0,0778%; 0,0589%; dan 0,0675%. Perbedaan nilai efisiensi ini disebabkan oleh adanya perbedaan potensial sel yang dimiliki oleh Fe dan C sehingga akan berpengaruh terhadap besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh DSSC (Puspitasari dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kumara efisiensi DSSC dengan menggunakan jenis *dye* teh hitam hanya mencapai 0,46% saja (N. T. R. N. Kumara et al., 2013), penelitian yang dilakukan oleh Junyi Yin juga menyatakan bahwa rata-rata efisiensi DSSC menggunakan jenis *dye* dengan elektroda karbon hanya mampu mencapai 0,6% (Yin, 2016). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang kami lakukan, kami dapat meningkatkan efisiensi *dye* teh hitam di dalam DSSC menjadi 1,2002% dengan elektroda besi berkarat. Adapun faktor-faktor yang mampu mempengaruhi efisiensi DSSC ialah, ketebalan TiO_2 , jenis elektrolit, dan lama penyinaran protipe di bawah panas matahari. Tebalnya TiO_2 , yang dilapisi pada DSSC ternyata mampu mempengaruhi daya penyerapan absorbansi *dye* (elektron) yang akan berpengaruh pada nilai arus maksimum yang mengalir melalui sel (Pancaningtyas, 2013). Jenis elektrolit juga dapat mempengaruhi laju kecepatan transfer elektron yang terjadi di dalam sel begitu juga elektroda yang digunakan di dalam sel DSSC akan berperan sebagai katalis (Noverdi dan Putra, 2015).

4. Kesimpulan

Pelapisan TiO₂ sebagai elektroda kerja DSSC telah berhasil dilakukan di atas kaca ITO dengan metode *sandwich*. Semakin tebal lapisan TiO₂ maka absorpsi semakin tinggi dan efisiensi semakin besar. DSSC dengan Elektroda besi berkarat memiliki nilai efisiensi lebih besar dibandingkan DSSC dengan elektroda karbon.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pendanaan hibah penelitian, Universitas Pertamina, serta ibu Ariyanti Sarwono, Ph.D dan bapak I Wayan Koko Suryawan, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mentransfer ilmunya kepada penulis dengan sabar dan penuh kasih sayang.

Daftar Pustaka

- Bappenas, K. P. P. N. P. N. (2020). Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Aksi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs) (E. C. B. Vivi Yulaswati, Josaphat Rizal Primana, Oktorialdi, Diani Sadia Wati, Maliki, Anang Noegroho Setyo Moeljono, Pungkas Bahjuri Ali, Amich Alhumami, Woro Srihastuti Sulistyaningrum, Tri Dewi Virgiyanti, Yahya Rachman Hidayat, Mahatmi Parwitasari Saronto, Leo (ed.); II). Kedepuitan Bidang Kemaritiman dan Sumber Daya Alam, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Aulia, N. (2019, October). 7 Negara Penghasil Teh Terbaik di Dunia, Indonesia Urutan Berapa?. IDN TIMES, 1.
- Daniswara, A., Raydiska, G., & Timotius, Y. (2020). Strategi Implementasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) di Indonesia. *Jurnal OFFSHORE*, 4(2), 9–15.
- DePlantation.com, R. (2021). Analisis Kinerja dan Prospek Komoditas Teh. Analisis Dan Opini Perkebunan, 2(1).
- Dewan energi nasional. (2014). *Laporan Dewan Energi Nasional*. September, 5.
- Dewi, N. A., Nurosyid, F., & Supriyanto, A. (2016). Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO₂ Transparan terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) sebagai Aplikasi Solar Window. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(02), 73–78. <https://doi.org/10.13057/ijap.v6i02.1362>
- Dwiningrum, C. (2017). Pemanfaatan Limbah Padat dari Pabrik Teh PTPN IV Emplasmen Tobasari menjadi Kompos dengan Penambahan Isi Rumen Sapi. Universitas Sumatera Utara.
- Ekasari, V., Ekasari, V., & Yudoyono, G. (2013). Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan Tio₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2(1), B15–B20.
- Habib, T. (2021, July). *Ini 10 Negara Penghasil Teh Terbesar di Dunia, Indonesia Peringkat Berapa?*. Akurat.Co.
- Kumara, M. S. W., & Prajitno, G. (2012). Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L .) Dssc. *Jurnal Fisika*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya, 11.
- Kumara, N. T. R. N., Kooh, M. R. R., Lim, A., Petra, M. I., Voo, N. Y., Lim, C. M., & Ekanayake, P. (2013). DFT/TDDFT and experimental studies of natural pigments extracted from black tea waste for DSSC application. *International Journal of Photoenergy*. <https://doi.org/10.1155/2013/109843>
- Noverdi, A. S., & Putra, N. M. D. (2015). Retracted Karakterisasi Prototipe Sel Surya Organik Berbahan Dasar Ekstrak Bawang Merah Yang Difabrikasi Dengan Metode Spincoating. *Unnes Physics Journal*, 4(1), 0–8.
- Pancaningtyas, L. (2013). Peranan Elektrolit Pada Performa Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT).
- Puspitasari, N., Adawiyah, S. R., Fajar, M. N., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., & Endarko, E. (2017).

Pengaruh Jenis Katalis pada Elektroda Pembanding terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells dengan Klorofil sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(1), 30. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v13i1.2150>

Utami, S. S. (2020, August). Menilik Kebutuhan vs Cadangan Energi Nasional. Medcom.Id.

Windi, S. D. (2017). Dye Sensitized Solar Cell dengan EKstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai Pemeka Cahaya. The Objective of This Research Was to Determine the Performance of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) by Using Extract of Red Dragon Fruit as Photosensitizer on Various Thicknesses of TiO₂ Paste and Distance from Light Source. The Research Was Conducted Fro.

Yin, J. (2016). The application of natural dyes in Dye-sensitized solar cells. *Mmebc*, 1297–1300. <https://doi.org/10.2991/mmebc-16.2016.265>