

**PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN ELEKTRODA BALIK
MENGUNAKAN PREKURSOR SENYAWA LOGAM TERHADAP
EFISIENSI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Material



Disusun oleh:

Evi Nur'Azizah
2003933

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024**

**PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN ELEKTRODA BALIK
MENGUNAKAN PREKURSOR SENYAWA LOGAM TERHADAP
EFISIENSI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL***

Oleh:

Evi Nur'Azizah

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Evi Nur'Azizah

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

EVI NUR'AZIZAH

**PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN ELEKTRODA BALIK
MENGUNAKAN PREKURSOR SENYAWA LOGAM TERHADAP
EFISIENSI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

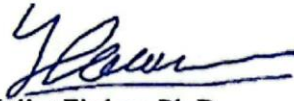
Pembimbing I



Dr. Andhy Setiawan, S.Pd., M.Si.

NIP. 197310131998021001

Pembimbing II

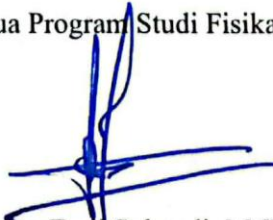


Yuliar Firdaus Ph.D

NIP. 198309092020121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN ELEKTRODA BALIK MENGGUNAKAN PREKURSOR SENYAWA LOGAM TERHADAP EFISIENSI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Evi Nur'Azizah

NIM. 2003933

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Pengaruh Pelapisan Permukaan Elektroda Balik Menggunakan Prekursor Senyawa Logam Terhadap Efisiensi *Dye-Sensitized Solar Cell*”. Penyusunan skripsi ini menjadi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Dedikasi skripsi ini juga dipersembahkan untuk orang tua penulis, (Alm) Engkus Kusmana dan Yulia Rosidah. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan ilmu pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun agar skripsi ini bisa mendekati kesempurnaan, untuk kemudian diperbaiki dan dikembangkan di masa yang akan datang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan meningkatkan wawasan. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis, semoga mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.

Bandung, Agustus 2024

Penulis

Evi Nur'Azizah

NIM. 2003933

UCAPAN TERIMA KASIH

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai tantangan yang telah dilewati. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih untuk pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, serta memberikan motivasi dengan tulus.

1. Umi Yulia Rosidah, ibu penulis yang selalu memberikan doa serta dukungan materil dan moril.
2. Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si., selaku ketua Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia dan pembimbing akademik.
3. Dr. Andhy Setiawan, S.Pd., M.Si., selaku pembimbing I yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
4. Yuliar Firdaus, Ph.D, selaku pembimbing II yang telah memberi saran, motivasi serta memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan eksperimen di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
5. Rekan eksperimen di BRIN: Gita Rabelsa, Mohammad Hatta, Rafi Musa Rizqullah, dan Prima Fitri Rusliani yang telah memberikan motivasi eksperimen, mengajarkan, dan memberikan ruang diskusi.
6. Rahayu Gustia Rahman, Riska Siti Nurjanah, Salsabilla Maura Tasya, Sulissetiawati yang telah memberikan semangat dan membantu dalam penulisan skripsi.
7. Rekan-rekan Fisika C 2020 yang telah berjuang bersama selama perkuliahan di UPI.

**PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN ELEKTRODA BALIK
MENGUNAKAN PREKURSOR SENYAWA LOGAM TERHADAP
EFISIENSI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL***

Pembimbing I : Dr. Andhy Setiawan, S.Pd., M.Si.

Pembimbing II : Yuliar Firdaus, Ph.D

ABSTRAK

Elektroda balik berbasis platina telah banyak digunakan dalam *dye-sensitized solar cell* (DSSC). Beberapa riset dilakukan untuk memodifikasi elektroda balik berbasis platina diantaranya dengan mengubah teknik deposisi, komposit paduan logam, modifikasi permukaan, dll. Riset ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh perlakuan permukaan elektroda balik platina menggunakan larutan prekursor nickel (II) chloride (NiCl_2), copper (II) chloride (CuCl_2), dan copper (I) thiocyanate (CuSCN) dengan teknik sederhana yaitu spin-coating. Elektroda balik platina dibuat menggunakan teknik screen-printing kemudian dilakukan proses deposisi larutan prekursor dan dipanaskan pada suhu 105°C . Efisiensi Pt/ CuSCN dan Pt/ CuCl_2 meningkat menjadi 5.25% dan 5.14%, dibandingkan dengan kontrol Pt (4.58%). Meskipun Pt/ CuSCN memiliki konduktivitas yang rendah dari hasil karakterisasi *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS). Nilai J_{SC} nya mencapai 12.73 mA/cm^2 , lebih tinggi dibandingkan dengan Pt (11.9 mA/cm^2). Sementara itu, efisiensi Pt/ NiCl_2 turun menjadi 4.47% dikarenakan rendahnya V_{OC} and J_{SC} . Sebagai hasil dari riset ini, perlakuan permukaan pada elektroda balik platina menggunakan CuSCN dan CuCl_2 memiliki keterlibatan dalam peningkatan performa DSSC.

Kata kunci: *dye-sensitized solar cell, counter electrode, surface modification*

**THE EFFECT OF COUNTER ELECTRODE SURFACE COATING
USING METAL COMPOUND PRECURSORS ON THE EFFICIENCY OF
DYE-SENSITIZED SOLAR CELL**

Advisor I : Dr. Andhy Setiawan, S.Pd., M.Si.

Advisor II : Yuliar Firdaus, Ph.D

ABSTRACT

The platinum-based counter electrode (Pt-CE) has been widely used in dye-sensitized solar cells (DSSC). Several research of modifying platinum-counter electrodes such as altering the deposition techniques, composite metal alloy, surface modification, etc. This research aims to investigate the effect of surface treatment on platinum-based counter electrodes using a solution precursor of nickel (II) chloride (NiCl₂), copper (II) chloride (CuCl₂), and copper (I) thiocyanate (CuSCN) with a simple technique of spin-coating. Platinum-based counter electrode was prepared using a screen-printing technique and afterward, the deposition of solution precursors then heated at 105°C. Pt/CuSCN and Pt/CuCl₂ increased efficiency of 5.25% and 5.14% respectively, compared with the control Pt (4.58%). Even Pt/CuSCN is less conductive by electrochemical impedance spectroscopy characterization. The J_{SC} reaches 12.73 mA/cm², higher than Pt (11.9 mA/cm²). Meanwhile, the efficiency of Pt/NiCl₂ decreases to 4.47% due to the lower V_{OC} and J_{SC}. As a result, this Pt-CE surface treatment using CuSCN and CuCl₂ has implications to raise the DSSC's performance.

Keywords: dye-sensitized solar cell, counter electrode, surface modification

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Sel Surya	5
2.2 <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	6
2.3 Komponen DSSC	8
2.3.1 Kaca Konduktif.....	8
2.3.2 Fotoelektroda	8
2.3.3 Fotosensitizer.....	9
2.3.4 Elektrolit	10
2.3.5 Elektroda balik.....	10
2.4 Prinsip Kerja DSSC	11
2.5 Karakteristik Platina sebagai Elektroda Balik.....	12
2.6 Pengaruh Modifikasi pada Elektroda Balik Berbasis Platina.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.2 Desain Penelitian.....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	17

3.3.1	Pembuatan dan Pelapisan Elektroda Balik	17
3.3.2	Pembuatan DSSC	19
3.3.3	Karakterisasi	20
3.4	Instrumen Penelitian.....	21
3.4.1	Karakterisasi Morfologi dan Komposisi: <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)-Energy Dispersive Spectrometer (EDS)</i>	21
3.4.2	Karakterisasi Optik: UV-Vis Spectrophotometer.....	22
3.4.3	Karakterisasi Sifat Listrik: <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	22
3.4.4	Karakterisasi Efisiensi: Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm ²	23
3.5	Analisis Data	23
3.5.1	Analisis Pengaruh Pelapisan Terhadap Morfologi dan Komposisi Elektroda Balik	23
3.5.2	Analisis Pengaruh Pelapisan Terhadap Sifat Optik Elektroda Balik.	23
3.5.3	Analisis Pengaruh Pelapisan Terhadap Sifat Listrik Elektroda Balik	24
3.5.4	Analisis Pengaruh Pelapisan Terhadap Efisiensi DSSC.....	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Pengaruh Pelapisan Prekursor Senyawa Logam Terhadap Morfologi Elektroda Balik.....	26
4.2	Pengaruh Pelapisan Prekursor Senyawa Logam Terhadap Sifat Optik Elektroda Balik.....	28
4.3	Pengaruh Pelapisan Prekursor Senyawa Logam Terhadap Sifat Listrik Elektroda Balik.....	30
4.4	Pengaruh Pelapisan Prekursor Senyawa Logam Terhadap Efisiensi DSSC.	31
BAB V	KESIMPULAN, IMPLIKASI, REKOMENDASI	33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Implikasi.....	33
5.3	Rekomendasi	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek Fotovoltaik (tudelfs)	6
Gambar 2.2 Struktur DSSC a) sandwich, (b) sel monolitik (dengan karbon sebagai elektroda balik), (c) solid-state (monolithic), dan (d) conducting glass-free	7
Gambar 2.3 Struktur kristal polimorf TiO ₂ (a) anatase (b) rutile (c) brookite (Oidkk., 2016)	9
Gambar 2.4 Mekanisme DSSC (Mansa dkk., 2013).....	11
Gambar 2.5 Diagram level energi DSSC	12
Gambar 2.6 Hasil SEM elektroda balik Pt (a dan b) tanpa perlakuan, (c dan d) diberikan perlakuan (Nguyen dkk., 2024).....	14
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Proses pembuatan elektroda balik (a) pasta platina (b) proses pembakaran platina sebagai elektroda balik.	17
Gambar 3. 3 Proses sintesis prekursor senyawa logam CuCl ₂ .2H ₂ O (b) NiCl ₂ .6H ₂ O (c) CuSCN.....	18
Gambar 3.4 Proses perlakuan permukaan pada elektroda balik	18
Gambar 3.5 Proses pembuatan fotoelektroda, (a) deposisi fotoanoda menggunakan teknik screen printing (b) proses post-treatment TiCl ₄	19
Gambar 3.6 Proses sintesis dan perendaman fotoelektroda	20
Gambar 3.7 Proses assembly sel dssc struktur sandwich (a) alat hotpress (b) hasil perakitan.....	20
Gambar 3.8 sel elektroda balik Pt, Pt/CuCl ₂ , Pt/CuSCN, Pt/NiCl ₂ (kiri ke kanan) yang dilapisi emas	21
Gambar 3.9 Bentuk sel simetris (CE/elektrolit/CE).....	21
Gambar 3.10 Proses karakterisasi morfologi (a) proses sputtering (b) alat SEM-EDS	22
Gambar 3.11 Tampilan perangkat lunak PStTrace	22
Gambar 3.12 Karakterisasi menggunakan solar simulator	23
Gambar 3.13 Diagram Nyquist dan rangkaian ekivalen (Ribeiro dkk., 2015)	24
Gambar 3.14 Kurva J-V	25
Gambar 4.1 Citra SEM a) Pt b) Pt/NiCl ₂ c) Pt/CuCl ₂ d) Pt/CuSCN.....	26

Gambar 4.2 Komposisi Material Hasil EDS	28
Gambar 4.3 Grafik Transmittansi Elektroda Balik	29
Gambar 4.4 Nyquist plot Elektroda Balik.....	30
Gambar 4.5 Kurva J-V Elektroda Balik.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai R_{CT} dan R_{S1} Elektroda Balik	31
Tabel 4.2 Performa DSSC.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil data karakterisasi menggunakan solar simulator.....	39
Lampiran 2. Fitting kurva J-V untuk mencari nilai R_s dan R_{sh}	40
Lampiran 3. Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDS	41
Lampiran 4. Hasil karakterisasi menggunakan EIS	42
Lampiran 5. Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis	43

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. S., Pandey, A. K., & Abd, N. (2017). Advancements in the development of TiO₂ photoanodes and its fabrication methods for dye sensitized solar cell (DSSC) applications . A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(January), 89–108. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.129>
- Akinoglu, B. G., Tuncel, B., & Badescu, V. (2021). Beyond 3rd generation solar cells and the full spectrum project. Recent advances and new emerging solar cells. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46(May), 101287. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101287>
- Ali, A., Zhang, N., & Santos, R. M. (2023). Mineral Characterization Using Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review of the Fundamentals, Advancements, and Research Directions. *applied sciences*, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app132312600> Academic
- Basheer, B., Mathew, D., George, B. K., & Nair, C. P. R. (2014). An overview on the spectrum of sensitizers : The heart of Dye Sensitized Solar Cells. *SOLAR ENERGY*, 108, 479–507. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.08.002>
- Fang, X., Ma, T., Guan, G., Akiyama, M., Kida, T., & Abe, E. (2004). Effect of the thickness of the Pt film coated on a counter electrode on the performance of a dye-sensitized solar cell. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 570, 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2004.04.004>
- Firdaus, Y., Muliani, L., Nursam, N. M., & Shobih. (2021). Efficient Organic Photovoltaics Enabled by Aqueous Ammonia-Based Doped Copper Thiocyanate Hole Transport Layer. *2021 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, 215–218. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET53537.2021.9650453>
- Iefanova, A., Poudel, P., Davoux, D., Gautam, U., Mallam, V., Qiao, Q., Logue, B., & Farrokh, M. (2014). Transparent platinum counter electrode for efficient semi-transparent dye-sensitized solar cells. *Thin Solid Films*. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2014.03.075>
- Jyoti, D., Mohan, D., Singh, A., & Ahlawat, D. S. (2014). A Critical Review on Mesoporous Photoanodes for Dye-Sensitized Solar Cells. *771*, 53–69. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.771.53>

- Kaliramna, S., Singh, S., Rakhee, D., Sarita, C., Keshav, K., & Ameta, L. (2022). A Review And Comparative Analysis Of Different Types Of Dyes For Applications In Dye-Sensitized Solar Cells. *Brazilian Journal of Physics*. <https://doi.org/10.1007/s13538-022-01109-4>
- Kanjana, N., Maiaugree, W., Laokul, P., Chaiya, I., Lunnoo, T., Wongjom, P., Infahsaeng, Y., Thongdang, B., & Amornkitbamrung, V. (2023). Fly ash boosted electrocatalytic properties of PEDOT:PSS counter electrodes for the triiodide reduction in dye-sensitized solar cells. *Scientific Reports*, *13*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33020-6>
- Karim, N. A., Mehmood, U., Zahid, H. F., & Asif, T. (2019). Nanostructured photoanode and counter electrode materials for efficient. *Solar Energy*, *185*(March), 165–188. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.057>
- Lin, C., Lee, C., Ho, S., Wei, T., Chi, Y., Huang, K. P., & He, J. (2014). Nitrogen-Doped Graphene/Platinum Counter Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells. *ACS Photonics*, 1264–1269. <https://doi.org/10.1021/ph500219r>
- Munoz-Garcia, A. B., Concepcion, J. J., Delcamp, J. H., Gibson, E. A., Meyer, G. J., Pavone, M., Pettersson, H., & Hagfeldt, A. (2021). *Dye-sensitized solar cells strike back*. 12450–12550. <https://doi.org/10.1039/d0cs01336f>
- Nguyen, P. T., Le, M. H., Huynh, T. Van, Thanh, T., Nguyen, D., & Nguyen, D. (2024). Surface modification of platinum counter electrode by amino quinonoid zwitterion to improve the performance of dye - sensitized solar cells. *Journal of the Australian Ceramic Society*, *60*(2), 443–454. <https://doi.org/10.1007/s41779-024-00996-x>
- Oi, L. E., Yee, C. M., & Ong, H. C. (2016). *Recent advances of titanium dioxide (TiO₂) for green organic synthesis*. November. <https://doi.org/10.1039/C6RA22894A>
- Pervez, W., & Ramsha, S. (2019). Photoanode annealing effect on charge transport in dye - sensitized solar cell. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *0123456789*, 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10854-019-02584-3>
- Priani, W., Nurosyid, F., & Suryana, R. (2019). The effect of Pt-counter electrode deposition methods on the efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal*

of Physics: Conf. Series 1153. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012095>

- Raj, C. J., Prabakar, K., Savariraj, A. D., & Kim, H. (2013). Surface reinforced platinum counter electrode for quantum dots sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 103, 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.04.016>
- Regan, B. O., & Gratzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. 353(October), 737–740.
- Ribeiro, D. V., Souza, C. A. C., & Abrantes, J. C. C. (2015). Use of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) to monitoring the corrosion of reinforced concrete. *ibracon structures and materials journal*, 8(4), 529–537. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952015000400007>
- Sarker, S., Ahammad, A. J. S., Seo, H. W., & Kim, D. M. (2014). Electrochemical impedance spectra of dye-sensitized solar cells: Fundamentals and spreadsheet calculation. *International Journal of Photoenergy*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/851705>
- Sarker, S., Woo, H., Jin, Y., Aziz, A., & Min, D. (2019). Transparent conducting oxides and their performance as substrates for counter electrodes of dye-sensitized solar cells. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 93(December 2018), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.12.023>
- Semalti, P., & Sharma, S. N. (2020). *Dye Sensitized Solar Cells (DSSCs) Electrolytes and*. 20(6), 3647–3658. <https://doi.org/10.1166/jnn.2020.17530>
- Seo, H. W. O. O., Baek, H. D. U. K., & Kim, D. M. I. N. (2017). Effects of Deposition Method of Thermally Decomposed Platinum Counter Electrodes on the Performance of Dye-Sensitized Solar Cells. *Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society*, 28(1), 63–69.
- Shah, N., Shah, A. A., Leung, P. K., Khan, S., Sun, K., Zhu, X., & Liao, Q. (2023). *A Review of Third Generation Solar Cells*.
- Sheela, S. E., Sekar, R., Maurya, D. K., Paulraj, M., & Angaiah, S. (2023). Progress in transition metal chalcogenides-based counter electrode materials for dye-sensitized solar cells. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 156(July 2022).

- Tang, Q., Zhang, H., Meng, Y., He, B., & Yu, L. (2015). *Dissolution Engineering of Platinum Alloy Counter Electrodes in Dye-Sensitized Solar Cells*. 266100, 11448–11452. <https://doi.org/10.1002/anie.201505339>
- Thomas, S., T. G. Deepak, G. S., Anjusree, T. A. A., Nair, S. V., & Nair, A. S. (2014). *A review on counter electrode materials in dye-sensitized solar cells*. 4474–4490. <https://doi.org/10.1039/c3ta13374e>
- tudelf. (n.d.). *The Working Principle of a Solar Cell*. 1, 21–24.
- Wu, J., Lan, Z., Lin, J., Huang, M., Huang, Y., Fan, L., & Luo, G. (2015). Electrolytes in Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Reviews*, 2136–2173. <https://doi.org/10.1021/cr400675m>
- Wu, J., Lan, Z., Lin, J., Huang, M., Huang, Y., Fan, L., & Luo, G. (2017). *Counter electrodes in dye-sensitized solar cells*. 5975–6023. <https://doi.org/10.1039/c6cs00752j>
- Wu, J., Li, Y., Tang, Q., Yue, G., Lin, J., Huang, M., & Meng, L. (2014). Bifacial dye-sensitized solar cells: A strategy to enhance overall efficiency based on transparent polyaniline electrode. *Scientific Reports*, 4, 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep04028>
- Yoon, C. H., Vittal, R., Lee, J., Chae, W., & Kim, K. (2008). Enhanced performance of a dye-sensitized solar cell with an electrodeposited-platinum counter electrode. *Electrochimica Acta*, 53, 2890–2896. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2007.10.074>
- Zaidi, B. (2018). *Introductory Chapter: Introduction to Photovoltaic Effect*.
- Zhang, H., Tang, Q., & He, B. (2015). *Alloying of platinum and molybdenum for transparent counter electrodes. A strategy of enhancing power output for bifacial dye-sensitized solar cells*. <https://doi.org/10.1039/C5RA04735H>