

PEMBUATAN GELAS TRANSPARAN KONDUKTIF FTO (FLUORINE-DOPED TIN OXIDE) UNTUK KIT SEL SURYA BERBASIS SENSITASI SENYAWA ORGANIK / DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) TEKNIK DEPOSISI SEMPROT DENGAN MENGGUNAKAN PEMBAKAR BUNSEN DAN ALAT SEDERHANA

Yoga Nugraha, Rizki Rahmah Fauzia

STIKES YPIB Majalengka, Indonesia

Email: yoganugraha1980@gmail.com

Abstrak

Kegiatan praktikum yang berdasarkan ilmu pengetahuan terkini jarang dilakukan karena terkendala peralatan yang memakan biaya yang mahal, salah satunya teknologi sel surya. Penggunaan kaca konduktif telah menjadi topik yang menarik dalam teknologi terkini. Teknologi ini dapat diimplementasikan pada sel fotovoltaik (solar cell) dan organic light-emitting diodes (OLED), yang sangat dekat dengan kebutuhan kita saat ini untuk menghadapi krisis energi. Penelitian ini bertujuan untuk membangun kegiatan praktikum di laboratorium kimia untuk pembuatan kaca konduktif permukaan berbasis Tin Oxide (FTO) yang didoping Fluor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian desain pendidikan dengan menggunakan kerangka dari Model of Educational Reconstruction (MER). Penelitian ini menghasilkan Kaca Transparan Konduktif FTO (Fluorine-doped Tin Oxide) dengan teknik spray deposition / Spray Pyrolysis menggunakan pembakar Bunsen, hasil optimasi beberapa kaca konduktif permukaan dengan ketahanan lembaran sekitar $1 - 10 \text{ k}\Omega$. Hasil ini diperoleh dengan menerapkan sepuluh kali pendeposisian SnO_2F pada kaca, tiga kali penyemprotan, dan waktu pemanasan sekitar lima menit pada suhu $250 - 300^\circ\text{C}$. Prosedur ini diperoleh dengan menggunakan alat laboratorium sederhana seperti pembakar Bunsen, yang tersedia di laboratorium kimia Dasar untuk menerapkan VNOST (Nature of Science and Technology).

Kata kunci: Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide); teknik deposisi semprot; Dye Sensitized Solar Cell (DSSC); bahan ajar praktikum VNOST (View of Nature of Science and Technology).

Abstract

Practical activities based on the latest science are rarely carried out because they are constrained by expensive equipment, one of which is solar cell technology. The use of conductive glass has become an interesting topic in recent technology. This technology can be implemented in photovoltaic cells (solar cells) and organic light-emitting diodes (OLED), which are very close to our current needs to face the energy crisis. This study aims to develop practical activities in a chemistry

How to cite: Yoga Nugraha, Rizki Rahmah Fauzia (2022) Pembuatan Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Untuk KIT Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Teknik Deposisi Semprot dengan Menggunakan Pembakar Bunsen dan Alat Sederhana, *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(5).

E-ISSN: 2548-1398

Published by: Ridwan Institute

Pembuatan Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Untuk KIT Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Teknik Deposisi Semprot dengan Menggunakan Pembakar Bunsen dan Alat Sederhana

laboratory for the manufacture of fluorine-doped Tin Oxide (FTO)-based surface conductive glass. This research was conducted using educational design research methods using the framework of the Model of Educational Reconstruction (MER). This research produces Transparent Conductive Glass FTO (Fluorine-doped Tin Oxide) with spray deposition technique / Spray Pyrolysis using a Bunsen burner, the result of optimization of some surface conductive glass with sheet resistance of about 1 – 10 kΩ. These results were obtained by applying ten times of SnO₂.F deposition on the glass, three times of spraying, and a heating time of about five minutes at a temperature of 250 – 300 °C. This procedure is obtained using a simple laboratory apparatus such as a Bunsen burner, which is available in the Basic chemistry laboratory for applying NOST (Nature of Science and Technology).

Keywords: *FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Conductive Transparent Glass; spray deposition technique; Dye Sensitized Solar Cell (DSSC); VNOST (View of Nature of Science and Technology) practicum teaching materials.*

Pendahuluan

Keikutsertaan Indonesia dalam studi International Program for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa prestasi peserta didik Indonesia tidak terlalu menggembirakan dalam laporan PISA 2015. Sebanyak 70 persen peserta didik di indonesia masih berada di bawah kompetensi minimum dalam membaca, 71 persen di dalam matematika dan 60 persen sains ([OECD2016, 2015](#)) Salah satu penyebab rendahnya literasi sains peserta didik Indonesia diduga karena kurikulum, proses pembelajaran, dan penilaian yang tidak mendukung pencapaian literasi sains. Mereka masih fokus pada dimensi memori pengetahuan (memory of science) yaitu menghafal dan melupakan dimensi konten lainnya (pengetahuan tentang sains), proses/kompetensi (kemampuan berpikir) dan konteks aplikasi sains ([Firman, 2007](#)).

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran, pendidik harus memahami NOST (Nature of Science and Technology) untuk membantu peserta didik menjelaskan fenomena ilmiah secara benar dalam memahami beberapa konsep dalam proses pembelajaran. Untuk menerapkan konsep ilmiah dalam konteks tertentu, peserta didik harus memiliki pemahaman tentang konsep ilmiah secara keseluruhan ([Garthwaite, France, & Ward, 2014](#)). Pemahaman konsep yang parsial akan membuat peserta didik tidak mendapatkan ide pokok dari konsep pembelajaran. Dalam proses pembelajaran di kelas, pendidik memiliki peran penting untuk memberikan konsep kepada peserta didik. Beberapa penelitian percaya bahwa untuk memberikan pemahaman yang kuat kepada peserta didik, pendidik harus memahami sifat sains / Nature of Science (NOS) ([McComas, Clough, & Almazroa, 1998](#)). Selain pemahaman tentang NOS, di era perkembangan yang pesat ini juga akan sangat penting untuk dikembangkan pemahaman tentang Hakikat Teknologi / Nature of Technology (NOT) dan hubungannya dengan ilmu pengetahuan dan dengan masyarakat ([Tairab, 2001](#)).

Dengan modernisasi konten pembelajaran yang mengintegrasikan aspek isi materi pelajaran dan aspek konteks yang ada dalam kehidupan sehari-hari yang erat kaitannya

dengan kemajuan teknologi. Diharapkan dapat menarik minat dan meningkatkan pemahaman belajar peserta didik dalam mempelajari ilmu pengetahuan berbasis teknologi (techno-sains). Salah satu konteks teknologi baru dan mutakhir adalah kaca konduktif yang dapat digunakan dalam Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).

Kaca konduktif dalam untuk penggunaan sel surya dipilih karena ketersediaan energi surya yang sangat melimpah namun pemanfaatannya sebagai sumber energi masih terbatas karena salah satu pemanfaatan energi surya menjadi energi listrik memerlukan perangkat sel surya yang harganya masih mahal. Pada tahun 1991 M. Graetzel telah mengembangkan DSSC . Komponen utama perangkat DSSC ini adalah kaca transparan/konduktif yang digunakan sebagai elektroda aktif dan elektroda pembalik. Aplikasi lain dari kaca konduktif ini adalah sebagai komponen OLED (Organic Light Emitting Diode), Display Components, smart window dan lain-lain ([Kumar & Zhou, 2010](#))

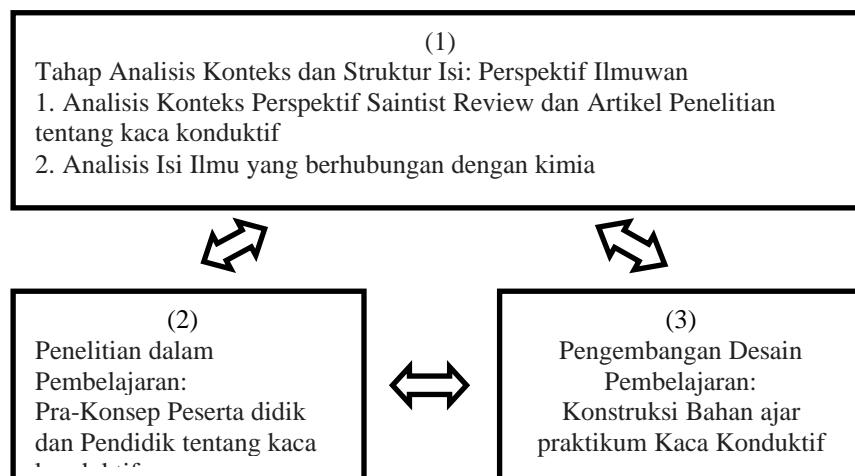
Bahan yang digunakan sebagai kaca konduktif saat ini antara lain ITO (Indium Tin Oxide) dan FTO (Fluorine-doped Tin Oxide) . FTO banyak digunakan karena bahan bakunya lebih mudah diperoleh, serta lebih tahan terhadap bahan kimia dan pemanasan (Sima, Grigoriu, & Antohe, 2010).

Metode yang umum digunakan dalam pembuatan kaca konduktif permukaan, adalah Spray Pyrolysis Deposition (SPD) (Adnane, Cachet, Folcher, & Hamzaoui, 2005), Chemical Vapor Deposition (CVD), dan Flame Spray Assisted Deposition (Purwanto, Widiyandari, Hidayat, Iskandar, & Okuyama, 2009). Metode spray pyrolysis merupakan metode yang paling mudah diantara metode tersebut (Purwanto et al., 2009). Alat ini dibuat dengan menggunakan alat dan bahan yang sederhana sehingga dapat digunakan sebagai bahan ajar praktikum Kimia Dasar bahkan di rumah dengan memperhatikan prosedur keselamatan.

Metode Penelitian

Model Educational Reconstruction (MER) digunakan sebagai acuan langkah-langkah dalam pengembangan kegiatan praktikum ini. MER memiliki tiga komponen: klarifikasi dan analisis konten sains, penelitian belajar-mengajar, dan desain dan evaluasi lingkungan belajar-mengajar ([Fakayode, 2014](#)) yang dapat dilihat pada gambar 1.

Pembuatan Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Untuk KIT
Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)
Teknik Deposisi Semprot dengan Menggunakan Pembakar Bunsen dan Alat Sederhana



Gambar 1
Desain penelitian model MER

Aspek NOST yang dikembangkan mengacu pada Tairab (2001) yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan ruang lingkup aspek ontologi, epistemik, dan aksiologis ilmu guna menghasilkan pertanyaan-pertanyaan yang akan dikembangkan dalam bahan ajar praktikum sehingga dapat memahami : hakikat sains dan teknologi , karakteristik ilmu pengetahuan dan teori-teori ilmiah, cara memperoleh pengetahuan dan teori ilmiah, tujuan ilmu pengetahuan dan penelitian ilmiah, dan hubungan antara ilmu pengetahuan dan teknologi (Tairab, 2001).



Gambar 2
Pengukuran suhu gelas dengan dasar pemanas keramik
Bunsen.

Gambar 2 menunjukkan pengukuran suhu permukaan kaca dengan menggunakan AVO (Ampere, Volt, Ohm) Meter dengan Thermocouple (suhu maksimum 750 ° C) menunjukkan suhu 308 ° C. Sehingga peralatan ini dapat digunakan untuk Pendeposisian SnO₂.F dimana pada Suhu permukaan kaca yang dibutuhkan untuk proses pendeposisian adalah antara 250 – 420 °C (Purwanto, Widiyandari, & Jumari, 2012).

Bahan yang digunakan untuk membuat FTO adalah kaca objek mikroskopis, granul Sn/Timah, HCl pekat (teknis), HNO₃ pekat (teknis), dopan NH₄F dalam etanol 95%.

Larutan SnCl₂.F dibuat dengan melarutkan 7 gram granul Sn ke dalam 20 mL HCl pekat dan 5 mL HNO₃ sebagai katalis. Setelah larut sempurna, kemudian ditambahkan etanol 95% sampai volume 50 mL untuk mereduksi keasaman HCl. Dopan NH₄F 10% dalam HCl 0,5 M kemudian ditambahkan ke dalam larutan SnCl₂ sampai larut sempurna ([Purwanto et al., 2012](#)).

Larutan SnCl₂.F kemudian disemprotkan dengan sudut semprotan 45° dengan jarak 5-10 cm ke kaca yang telah dipanaskan hingga suhu pendeposisian antara 250 – 300 °C dengan alas keramik / tutup cawan pijar/ cawan kruss yang dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3

Set alat pendeposisian SnO₂.F menggunakan pembakar
Bunsen

Gambar 3 menunjukkan pendeposisian SnO₂.F yang diatur pada kaca menggunakan pembakar Bunsen dengan alas keramik dengan segitiga porselen dan penyangga segitiga tiga kaki

Hasil dan Pembahasan

Bahan ajar praktikum Inkuiiri Terbimbing

Aspek pemahaman NOST yang dituangkan ke dalam bahan ajar praktikum diharapkan dapat dipahami peserta didik:

1. Hakikat Ilmu pengetahuan dan Teknologi

Dengan melakukan eksperimen ilmiah yang berkaitan dengan teknologi terkini seperti kaca konduktif pada Bahan ajar praktikum, peserta didik akan dapat memahami iptek yang sebenarnya.

2. Ciri-ciri ilmu pengetahuan dan teori-teori ilmiah

Dengan diberikannya materi yang terdapat pada bahan ajar praktikum kaca konduktif yang berisi pengetahuan dan teori Kimia Dasar, peserta didik akan lebih memahami karakteristik pengetahuan sains dan teori-teori ilmiah.

3. Cara memperoleh ilmu dan teori secara ilmiah

Dari serangkaian percobaan dalam bahan ajar praktikum dengan variabel-variabel yang mempengaruhi pembuatan kaca konduktif, peserta didik akan dapat

Pembuatan Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Untuk KIT Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Teknik Deposisi Semprot dengan Menggunakan Pembakar Bunsen dan Alat Sederhana

mengetahui dan mengalami bagaimana memperoleh pengetahuan dan teori-teori ilmiah yang dilakukan dan dibangun oleh para ilmuwan sebelumnya.

4. Tujuan ilmu pengetahuan dan penelitian ilmiah

Setelah peserta didik melakukan eksperimen pembuatan kaca konduktif, peserta didik akan mengetahui tujuan dari sains dan penelitian ilmiah yang dibangun yang diperlukan untuk memecahkan masalah lokal dan global terkait dengan krisis energi saat ini.

5. Hubungan antara ilmu pengetahuan dan teknologi

Dengan memasukkan konsep kimia kaca konduktif dalam bahan ajar praktikum, peserta didik diharapkan dapat mengetahui hubungan antara sains dan teknologi, apakah mempengaruhi atau dipengaruhi dalam konteks tertentu.

Terdapat enam kegiatan inkuiri dalam bahan ajar praktikum, dimana tiga kegiatan pertama merupakan kegiatan pra-eksperimen, dilanjutkan dengan satu kegiatan percobaan dan dua kegiatan terakhir merupakan kegiatan pasca-percobaan, kegiatannya adalah:

1. Menyajikan pertanyaan

Peserta didik diberikan fakta berupa gambar atau tabel yang berhubungan dengan kaca konduktif, (krisis energi, energi terbarukan, contoh penerapan energi alternatif dalam kehidupan) kemudian diberikan pertanyaan terkait fakta yang mengarah pada tujuan praktikum yaitu membuat konduktif kaca yang dapat digunakan dalam sel surya.

2. Membuat hipotesis

Peserta didik diminta untuk menuliskan hipotesis tentang pertanyaan yang diberikan tentang konduktivitas bahan yang dapat bersifat konduktor, isolator dan semikonduktor (kaca, emas, timah, karbon dan bahan terkait untuk pembuatan kaca konduktif) dan memperkirakan bagaimana jika kaca yang semula merupakan isolator diberi bahan konduktif.

3. Merancang eksperimen

Peserta didik menuliskan alat, bahan dan prosedur yang akan dilakukan untuk membuktikan hipotesis. Variabel uji seperti konsentrasi larutan $\text{SnCl}_2 \cdot \text{F}$, konsentrasi dopan $\text{NH}_4 \text{F}$, waktu Pendeposisian, jumlah Pendeposisian, jumlah penyemprotan, sudut penyemprotan, jarak penyemprotan dan variabel lainnya sesuai dengan alat dan bahan. digunakan.

4. Melakukan percobaan

Peserta didik melakukan percobaan berdasarkan prosedur yang telah dibuat dengan pembagian variabel yang berbeda dari setiap kelompok.

5. Mengumpulkan, mengolah dan menganalisis data

Peserta didik membuat tabel observasi, mencatat data, membuat grafik dan menganalisis hubungan antara data dengan variabel yang diuji.

6. Membuat kesimpulan

Peserta didik membuat dan menjelaskan kesimpulan dari hasil praktikum dan mencocokkannya dengan hipotesis yang telah dibuat kemudian melaporkannya dalam diskusi kelas untuk saling bertukar informasi hasil optimasi.

3.2. Optimalisasi Prosedur Standar Pembuatan Kaca Konduktif

Hasil Optimasi pembuatan kaca konduktif dengan menggunakan pembakar Bunsen keramik dengan memperhatikan variabel waktu Pendeposisian, jumlah Pendeposisian dan jumlah penyemprotan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2

Pengaruh waktu deposisi pada resistansi lembaran				
Sampel	Waktu Pendeposisian (menit)	Jumlah deposit (waktu)	Jumlah semprotan (waktu)	Resistansi lembaran (K / sq)
FTO 1	3	10	1	-
FTO 2	5	10	1	50 - 100
FTO 3	10	10	1	50 - 100

Tabel 2 menunjukkan pengaruh waktu Pendeposisian SnO₂ F pada kaca yang menghasilkan waktu Pendeposisian optimal selama 5 menit dan tidak berpengaruh terhadap ketahanan lembaran ketika waktu Pendeposisian menjadi 10 menit dengan variabel tetap lainnya. Bahkan dengan waktu Pendeposisian yang lebih lama akan menyebabkan kaca mudah pecah.

Tabel 3

Pengaruh jumlah pendeposisian terhadap resistansi lembaran				
Sampel	Waktu Pendeposisian (menit)	Jumlah deposit (waktu)	Jumlah semprotan (waktu)	Resistansi lembaran (K / sq)
FTO 4	5	5	1	> 100
FTO 5	5	10	1	50 - 100
FTO 6	5	15	1	50 - 100

Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah deposisi optimal terjadi pada 10 kali pengulangan dan tidak mengurangi resistensi lembaran jika pengulangan ditingkatkan menjadi 15 kali. Hanya menambahkan kerak putih pada permukaan kaca sehingga menghasilkan kaca yang tidak transparan (transmisi kecil) yang dapat menghalangi penyerapan sinar matahari saat diaplikasikan pada sel surya .

Pembuatan Gelas Transparan Konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) Untuk KIT Sel Surya Berbasis Sensitasi Senyawa Organik / Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Teknik Deposisi Semprot dengan Menggunakan Pembakar Bunsen dan Alat Sederhana

Tabel 4
Pengaruh Penyemprotan pada resistansi lembaran

Sampel	Waktu Pendeposisian (menit)	Jumlah deposit (waktu)	Jumlah semprotan (waktu)	Resistansi lembaran (K / sq)
FTO 7	5	10	1	50 - 100
FTO 8	5	10	2	20 - 50
FTO 9	5	10	3	1 - 10
FTO 10	5	10	4	- 10

Tabel 4 menunjukkan jumlah penyemprotan larutan $\text{SnCl}_2 \cdot \text{F}$ yang optimal pada kaca sebanyak 3 kali, tergantung pada ukuran nozzle semprotan parfum yang digunakan. Semakin besar ukuran kabut semprot, semakin sedikit semprotan yang dibutuhkan. Jika jumlah penyemprotan ditambahkan dari kondisi optimum, maka kaca akan mudah pecah karena proses penyusutan kaca yang terlalu cepat oleh larutan $\text{SnCl}_2 \cdot \text{F}$ dan hanya akan menambah kerak putih pada kaca.

Penulis juga telah melakukan percobaan dengan menggunakan peralatan lain yang mudah dijangkau seperti kompor gas untuk menggantikan Furnace dan bunsen serta asbes dan non asbes cassa base untuk menggantikan alas keramik / tutup cawan kruss (waktu Pendeposisian 5 menit, 10 kali Pendeposisian dan 3 x penyemprotan. / semprotan, Dengan sudut semprotan 45° dan jarak semprotan 5-10 cm dengan suhu Pendeposisian $250 - 300^\circ\text{C}$). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5
Pengaruh penggunaan pemanas lain dan alas kaca pada resistansi lembaran

Sampel	Pemanas	Dasar kaca	Suhu Kaca ($^\circ\text{C}$)	Resistansi Lembaran Optimal (K / sq)	Permukaan kaca
FTO 11	kompor gas	asbes cassa	225	-	Bercak putih
FTO 12	kompor gas	cassa non asbes	215	5 - 100	Kaca pecah / meleleh
FTO 13	kompor gas	Keramik	275	5 - 20	Bersinar seperti pelangi
FTO 14	bunsen	asbes cassa	230	-	Bercak putih
FTO 15	bunsen	Cassa non asbes	220	5 - 100	Kaca pecah / meleleh
FTO 16	bunsen	Keramik	300	1 - 10	Bersinar seperti pelangi
FTO 17	furnace	Keramik	400	1 - 5	Bersinar seperti pelangi

Dari Tabel 5 terlihat bahwa penggunaan alat terbaik untuk pembuatan kaca konduktif dengan metode spray pyrolysis adalah dengan menggunakan furnace dengan alas keramik. Namun tidak setiap laboratorium Kimia Dasar memiliki furnace, dengan menggunakan Bunsen atau kompor gas dengan menggunakan dasar keramik akan

menghasilkan kaca konduktif dengan resistansi lembaran 1 -10 K Ω / sq yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4

Pengukuran tahanan lembaran kaca FTO yang dihasilkan dengan menggunakan AVO meter

Gambar 4 menunjukkan pengukuran tahanan lembaran kaca FTO dengan menggunakan AVO meter skala K Ω yang menunjukkan nilai tahanan lembaran sebesar 2,63 K Ω .

Kesimpulan

Dalam penelitian ini kami mengembangkan bahan ajar praktikum di laboratorium berdasarkan eksperimen inkuiri terbimbing untuk membuat kaca konduktif menggunakan pembakar Bunsen untuk menerapkan pengetahuan NOST dan dirancang dengan menggunakan metode penelitian desain MER.

Kaca konduktif FTO (Fluorine-Doped Tin Oxide) yang diproduksi dengan metode spray pyrolysis menggunakan pembakar Bunsen memiliki tahanan 1 sampai 10 K Ω /sq sheet dengan perlakuan waktu Pendeposisian 5 menit, waktu Pendeposisian 10 kali dan penyemprotan 3 kali dengan sudut semprotan 45° dan jarak semprotan 5-10 cm dengan suhu Pendeposisian 250 - 300 °C.

Struktur SnO₂ selanjutnya dapat dianalisis menggunakan XRD (X-Ray Diffractometry) yang akan menunjukkan struktur tetragonal sehingga diharapkan kaca konduktif ini dapat digunakan untuk membuat elektroda sel surya

BIBLIOGRAFI

- Adnane, M., Cachet, H., Folcher, G., & Hamzaoui, S. (2005). Beneficial Effects Of Hydrogen Peroxide On Growth, Structural And Electrical Properties Of Sprayed Fluorine-Doped SnO₂ Films. *Thin Solid Films*, 492(1–2), 240–247. [Google Scholar](#)
- Fakayode, Sayo O. (2014). Guided-Inquiry Laboratory Experiments In The Analytical Chemistry Laboratory Curriculum. Springer. [Google Scholar](#)
- Firman, H. (2007). Analisis Literasi Sains Berdasarkan Hasil Pisa Nasional. Jakarta: Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang. [Google Scholar](#)
- Garthwaite, Kathryn, France, Bev, & Ward, Gillian. (2014). The Complexity Of Scientific Literacy: The Development And Use Of A Data Analysis Matrix. *International Journal Of Science Education*, 36(10), 1568–1587. [Google Scholar](#)
- Kumar, Akshay, & Zhou, Chongwu. (2010). The Race To Replace Tin-Doped Indium Oxide: Which Material Will Win? *Acs Nano*, 4(1), 11–14. [Google Scholar](#)
- Mccomas, William F., Clough, Michael P., & Almazroa, Hiya. (1998). The Role And Character Of The Nature Of Science In Science Education. In *The Nature Of Science In Science Education* (Pp. 3–39). Springer. [Google Scholar](#)
- Oecd2016, Pisa. (2015). Results: Excellence And Equity In Education. Paris: Oecd.
- Purwanto, Agus, Widiyandari, Hendri, Hidayat, Darmawan, Iskandar, Ferry, & Okuyama, Kikuo. (2009). Facile Method For The Fabrication Of Vertically Aligned Ito Nanopillars With Excellent Properties. *Chemistry Of Materials*, 21(18), 4087–4089.
- Purwanto, Agus, Widiyandari, Hendri, & Jumari, Arif. (2012). Fabrication Of High-Performance Fluorine Doped–Tin Oxide Film Using Flame-Assisted Spray Deposition. *Thin Solid Films*, 520(6), 2092–2095. [Google Scholar](#)
- Sima, Cornelia, Grigoriu, Constantin, & Antohe, Stefan. (2010). Comparison Of The Dye-Sensitized Solar Cells Performances Based On Transparent Conductive Ito And Fto. *Thin Solid Films*, 519(2), 595–597. [Google Scholar](#)
- Tairab, Hassan H. (2001). How Do Pre-Service And In-Service Science Teachers View The Nature Of Science And Technology? *Research In Science & Technological Education*, 19(2), 235–250. [Google Scholar](#)

Copyright holder:
Yoga Nugraha, Rizki Rahmah Fauzia (2022)

First publication right:
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

