



Studi Prakonsepsi Siswa Sekolah Menengah Atas Mengenai Aspek Sains, Teknologi  
Dan Rekayasa Pada Konteks Sel Surya Tersensitasi Pewarna Organik

*Preconceptions of High School Students About Science, Technology, and Engineering  
in the Context of Organic Dye-Sensitized Solar Cells*

Oleh:

Andi Muhammad Hafizh<sup>1</sup>, Hernani<sup>1\*</sup>, Ahmad Mudzakir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pendidikan Indonesia.

\*Correspondence email: [hernani@upi.edu](mailto:hernani@upi.edu)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari prakonsepsi siswa terkait aspek sains, teknologi dan rekayasa pada konteks Sel Surya Tersensitasi Pewarna (*Dye Sensitized Solar Cells*, DSSC). Prakonsepsi siswa diperoleh dengan melakukan wawancara klinis kognitif dan tes tertulis berbentuk uraian singkat untuk mengetahui pemahaman siswa pada konteks DSSC, konten kimia SMA yang berkaitan dengan DSSC, dan pemahaman siswa dalam aspek sains, teknologi dan rekayasa. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis konten. Partisipan penelitian berjumlah 15 siswa SMA kelas dua dari tiga sekolah di kota Bandung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa sudah mengetahui keberadaan sel surya sebagai alat penghasil energi listrik dari sinar matahari namun belum pernah mendengar DSSC dan bagaimana mekanisme kerjanya. Siswa sudah menguasai konten kimia SMA yang terkait konteks DSSC, yang meliputi konten redoks, senyawa ionik dan kovalen namun masih kurang menguasai dalam konten sel volta. Siswa sudah mampu menjelaskan bahwa sains dan teknologi saling berhubungan, tetapi siswa belum dapat menjelaskan hakikat sains dan bagaimana penelitian saintifik dalam eksperimen. Terkait aspek rekayasa, siswa sudah mampu menganalisis kebutuhan teknologi berdasarkan harga, keamanan dan faktor lingkungan, tetapi siswa belum dapat menjelaskan contoh dari proses yang serupa dengan DSSC.

**ABSTRACT**

*This study aims to study students' preconceptions related to science, technology and engineering in the context of Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). Students' preconceptions are obtained by conducting cognitive clinical interviews and written tests in the form of a brief description to find out students' understanding of the DSSC context, high school chemistry content related to DSSC, and student understanding in aspects of science, technology and engineering. The research method used is content analysis. Research participants numbered 15 second-grade high school students from*

**Info artikel:**

Diterima: 30 November 2020  
Direvisi: 15 Januari 2021  
Disetujui: 11 Februari 2021  
Terpublikasi online: 7 Maret 2021  
Tanggal Publikasi: 1 April 2021

**Kata Kunci:**

Prakonsepsi, Siswa SMA, DSSC,  
Sains, Teknologi, Rekayasa

**Key Words:**

*Preconception, High School Students,  
DSSC, Science, Technology,  
Engineering*

---

three schools in the city of Bandung. The results showed that students already knew of the existence of solar cells as a tool to produce electrical energy from sunlight but had never heard of DSSC and how it worked. Students' already understood of high school chemical content related to DSSC is seen in the content of redox, ionic and covalent chemical contents, but it is still lacking in cell voltanic content. Ability in the aspects of science and technology students can already explain that science and technology are interrelated, but in the aspects of science students have not been able to mention the nature of science and how scientific research is used in experiments. Engineering aspects students can analyze technology needs based on price, safety and environmental factors, students can already mention but have not been able to explain examples of processes similar to DSSC.

---

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pendidikan 4.0 dihadapkan pada perubahan teknologi yang semakin lama semakin canggih. Perkembangan tersebut berpengaruh di tingkat pendidikan tinggi dan menengah. Siswa diharuskan mempelajari teknologi untuk memenuhi tuntutan pembelajarannya. Tuntutan ini yang menjadikan pembelajaran di abad 21 tidak hanya memperhatikan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan, melainkan juga perlu mengintegrasikannya dengan literasi. Literasi sains adalah kemampuan seseorang untuk memahami, berkomunikasi, dan mengaplikasikan pengetahuan sains dalam menyelesaikan masalah, sehingga individu memiliki sikap dan kepekaan yang tinggi terhadap diri sendiri dan lingkungannya dalam membuat keputusan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sains, sehingga keterampilan ini dibutuhkan untuk menghadapi era globalisasi ini (Toharudin *et al.*, 2011). Pencapaian literasi sains siswa tidak cukup hanya pada pencapaian literasi lama (membaca, menulis dan matematika). Perlunya literasi baru yakni literasi data, literasi kemanusiaan, dan literasi teknologi (Aoun, 2017). Kebutuhan untuk mengembangkan pemahaman kritis mengenai teknologi dan bagaimana teknologi tersebut tidak hanya dikaitkan dengan sains semata, tetapi juga dengan kehidupan di masyarakat.

Penerapan teknologi medis memperkuat perlunya integrasi antara sains-teknologi dan masyarakat ke dalam kurikulum sekolah. Teknologi merupakan elemen yang tidak dapat dipisahkan dari sains yang umumnya selalu terhubung dengan matematika (Amahoroe, 2020). Sains pada hakikatnya merupakan sebuah kumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*), cara atau jalan berpikir (*a way of thinking*), dan cara untuk penyelidikan (*a way of investigating*). Sains dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang berdasarkan fakta, hasil observasi dan eksperimen yang dilakukan. Negara-negara maju seperti Amerika Serikat melakukan reformasi dalam bidang pendidikan dengan menerapkan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, dan rekayasa sebagai salah satu upaya meningkatkan kemampuan sumber daya manusia dan daya saing dalam ekonomi global (Zainurrisalah *et al.*, 2018). Sedangkan teknologi adalah pengembangan dan pengaplikasian yang bertujuan untuk memecahkan masalah (Huda, 2020).

Cairan ionik memiliki stabilitas, elektrokimia yang lebar, stabilitas termal tinggi, bersifat non volatil dan non flammabilitas. Cairan ionik memiliki karakteristik yang unik karena memiliki struktur ion yang khas. Cairan ionik secara termal lebih stabil dari pelarut karbonat konvensional karena terbentuk dari ikatan ionik yang kuat daripada ikatan molekul pelarut karbonat organik. Hal ini yang menyebabkan cairan ionik tidak mudah terbakar dan tingkat volatilitas dapat diabaikan. Pemanfaatan cairan ionik dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir mendapat perhatian besar dari komunitas sains dan teknologi yang sejalan dengan

tuntutan dunia tentang material baru yang handal, murah, dan ramah lingkungan. Aplikasi dari cairan ionik sebagai material elektrolit dapat ditemukan salah satunya dalam sel surya berbasis sensitasi pewarna atau *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC). DSSC merupakan sel surya fotoelektrokimia yang mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik (Nurussaniah *et al.*, 2014). DSSC dapat dijadikan sebagai salah satu kasus pembelajaran kimia berbasis teknologi. Untuk mengenalkan konteks DSSC ke siswa SMA diperlukan desain didaktis berupa rancangan yang menunjukkan hubungan antara guru, siswa, dan materi pelajaran.

Pada pembuatan desain didaktis diperlukan studi prakonsepsi siswa untuk menentukan antisipasi didaktis yang mungkin dialami siswa. Prakonsepsi siswa dapat menjadi bahan untuk menentukan antisipasi didaktis karena prakonsepsi (*Prior Knowledge*, PK) merupakan langkah penting di dalam proses belajar. Dengan demikian, setiap pengajar perlu mengetahui tingkat PK yang dimiliki oleh para siswa. Dalam proses pemahaman, PK merupakan faktor utama yang mempengaruhi pengalaman belajar siswa. Prakonsepsi siswa yang cenderung menjadi miskonsepsi secara berkelanjutan dapat menghambat proses pembentukan konsepsi ilmiah (Suciastini *et al.*, 2013). Dalam desain pembelajaran perlu dikembangkan situasi didaktis, prediksi tanggapan siswa, dan antisipasi pedagogis didaktik (ADP) oleh pendidik. Dengan demikian, prakonsepsi dapat menjadi landasan untuk menentukan antisipasi didaktis guna memprediksi respons siswa selama pembelajaran karena telah mengetahui konsep awal yang dimiliki siswa sebelum pembelajaran.

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis konten untuk menganalisis hasil wawancara dengan partisipan dalam penelitian ini. Partisipan dalam penelitian ini sebanyak 15 siswa kelas 11 yang diwawancarai klinis kognitif untuk memberikan gambaran konsep yang telah dimiliki oleh siswa, digunakan pula tes tertulis sebagai bentuk triangulasi data untuk menambah keabsahan hasil wawancara. Wawancara dilakukan setelah siswa mempelajari sendiri bahan ajar dan media interaktif mengenai DSSC yang telah diberikan, setelah wawancara siswa diminta untuk mengerjakan tes tertulis.

Hasil wawancara dibuat dalam bentuk transkrip. Kemudian, dilakukan analisis terhadap setiap jawaban siswa pada wawancara maupun tes tertulis untuk menemukan prakonsepsi siswa setelah menggunakan media interaktif DSSC dengan bantuan bahan ajar DSSC. Prakonsepsi siswa ditemukan dari jawaban-jawaban siswa yang diselaraskan dengan konsep dari ilmu atau teori-teori yang sudah ada.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pemahaman Siswa SMA Terhadap Konteks Teknologi DSSC

Berdasarkan hasil observasi dan pengisian angket, didapat hasil bawah siswa sudah mengetahui keberadaan sel surya. Mayoritas siswa menemukan informasi mengenai sel surya dari daring dan mereka juga telah mempelajari sekilas mengenai fungsi sel surya yakni dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Responden mengetahui bahwa sel surya dikategorikan sebagai sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan di antaranya adalah solar sel. Menurut siswa, sel surya termasuk sumber energi terbarukan karena menggunakan sumber energi yang diperoleh dari alam secara terus menerus dan tidak akan pernah habis. Jawaban siswa ini sesuai dengan definisi bahwa

energi terbarukan adalah sumber energi alam yang dapat digunakan secara bebas dan bisa diperbarui secara terus menerus dan tak terbatas.

Ketika responden diminta memberikan contoh, penerapan aplikasi, semua responden menanggapi, meskipun jenisnya terbatas pada benda sehari-hari yang dilihat oleh siswa. Hasil ini sejalan dengan pertanyaan pertama bahwa siswa sudah mengetahui keberadaan sel surya. Dalam menyebutkan kelebihan sel surya, sebanyak 15 responden menyatakan bahwa keuntungan dari penggunaan sel surya hanya sebatas menghemat pengeluaran listrik dan empat responden menambahkan juga bahwa sel surya memiliki dampak positif bagi lingkungan karena menghasilkan energi tanpa mengeluarkan emisi. Jawaban siswa yaitu sumber energi terbarukan dapat menjadi sumber energi gratis dan ramah lingkungan. Kemampuan siswa dalam memberikan contoh penerapan aplikasi sel surya bergantung dari pengetahuan siswa tentang sel surya. Sel surya banyak diaplikasikan pada bidang astronomi seperti satelit, *drone*, dan stasiun luar angkasa internasional sebagai sumber energi listrik. Mayoritas siswa sudah mengetahui sel surya dan melihat aplikasi sel surya dari lingkungan sekitar. Namun, mereka belum pernah mempelajari secara mendalam sehingga tidak dapat memberikan contoh penerapan sel surya secara lebih luas, misalnya pengaplikasian sel surya pada bidang antariksa.

Ketika diminta menyebutkan dan menjelaskan komponen dari DSSC, terlihat bahwa siswa dapat menyebutkan seluruh komponen dalam DSSC yaitu substrat, semikonduktor, pewarna, elektrolit, dan elektroda pembanding. Akan tetapi, siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan beberapa fungsi komponennya meski sudah melihat catatan atau bahan ajar. Komponen-komponen dalam sel surya kali pertama dipelajari siswa sehingga terdapat kesalahan dalam menyimpulkan fungsi dari komponen DSSC. Pada pemahaman tentang substrat, sebanyak 8 orang siswa menjawab bahwa substrat merupakan kaca konduktif yang berperan dalam mentransmisikan cahaya dan menghantarkan elektron. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan dalam bahan ajar yang dikembangkan oleh Hernani *et al.*, (2019).

Pada pemahaman tentang komponen semikonduktor, tujuh partisipan mengemukakan bahwa semikonduktor merupakan pembawa elektron dari *dye* ke substrat sesuai dengan yang dinyatakan dalam bahan ajar yang dikembangkan oleh Hernani *et al.*, (2019). Akan tetapi, tujuh siswa ini tidak menjelaskan mekanisme penghantaran elektron dan bagaimana semikonduktor dapat menghantarkan elektron. Penghantaran elektron pada semikonduktor terjadi ketika diberi energi eksternal, partikel ini dapat bergerak, menyebabkan pelepasan elektron yang menghasilkan arus listrik dan membentuk pasangan elektron-hole (Hasan, 2012). Elektron akan berpindah dari satu molekul ke molekul yang berdampingan sehingga elektron dapat mengalir. Pada pemahaman tentang komponen pewarna, semua siswa dapat memahami bahwa komponen *dye* atau zat warna merupakan komponen untuk meningkatkan serapan cahaya matahari (*photosensitizer*). Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa *dye* merupakan komponen yang berfungsi menyerap cahaya matahari.

Pada komponen elektrolit, sebanyak delapan siswa sudah memahami fungsi dari elektrolit untuk donor elektron ke pewarna yang telah mengalami eksitasi. Jawaban ini sesuai dengan bahan ajar yang dikembangkan oleh Hernani *et al.*, (2019). Namun, siswa lainnya menjawab bahwa fungsi elektrolit adalah agar sel tidak mudah menguap dan

untuk menstabilkan sel. Hal ini menandakan bahwa ada siswa yang mengalami kesulitan dalam membedakan fungsi dari elektrolit dan kelebihan penggunaan cairan ionik sebagai elektrolit dalam DSSC. Pada komponen elektroda pembanding, sebanyak 14 siswa menjawab bahwa elektroda pembanding merupakan katalis dalam proses reduksi elektrolit. Jawaban ini kurang tepat, elektroda pembanding merupakan tempat arus elektron akan mengalir, sehingga elektron dapat kembali ke dalam sel (Maryanto *et al.*, 2016). Elektroda pembanding menjadi mediator transpor elektron menuju elektrolit dengan reaksi redoks sehingga digunakan elektroda yang memiliki efisiensi baik pada reaksi redoks seperti platina.

Pada komponen cairan ionik, para siswa dapat mengidentifikasi keuntungan penggunaan material cairan ionik pada DSSC. Mayoritas siswa menyebutkan bahwa keuntungan cairan ionik karena sifat fisiknya yang tidak mudah menguap dan thermal stabil. Namun, ada siswa yang menyebutkan bahwa keuntungan cairan ionik karena sifat kimianya yang memiliki sifat *self assembly*, tetapi tidak menjelaskan secara rinci mengenai *self assembly*. Di dalam buku yang dikembangkan oleh Hernani *et al.* (2019), dijelaskan bahwa sifat *self assembly* menjadikan kation dan anion lebih teratur sehingga difusi elektron semakin cepat dan dapat meningkatkan efisiensi difusi elektron menuju dye. Secara singkat siswa telah memahami bahwa cairan ionik memiliki kelebihan yang dapat dimanfaatkan pada DSSC yaitu memiliki stabilitas termal yang baik dan sifat *self assembly* sehingga dengan kedua sifat tersebut menjadikan DSSC dapat bekerja lebih efisien.

Ketika harus mengemukakan mekanisme dari DSSC, siswa mengalami kesulitan untuk menjabarkan fungsi dari beberapa komponen, tetapi mereka dapat menjelaskan bagaimana energi listrik dihasilkan, yakni dengan adanya aliran elektron. Namun, siswa masih kesulitan dalam menghubungkan seluruh komponen sehingga tidak bisa menjelaskan secara lengkap bagaimana proses energi listrik terjadi. Selain itu, siswa sudah mampu memahami bahwa cahaya matahari yang masuk melewati substrat akan terserap oleh pewarna dan mengakibatkan pewarna tereksitasi dan ketika kembali ke keadaan dasar akan menghasilkan energi. Energi ini kemudian dialirkan ke kaca konduktif yang bersifat semi konduktor. Penjelasan tersebut disampaikan oleh siswa dengan baik dan sesuai dengan bahan ajar yang dikembangkan oleh Hernani *et al.* (2019). Setelah elektron mengalir ke substrat, didapat hasil bahwa siswa tidak mampu menjelaskan kelanjutannya tanpa bantuan gambar berupa siklus elektron dalam DSSC. Setelah mengamati, siswa dapat mengidentifikasi arah aliran elektron yaitu dari substrat menuju ke elektroda pembanding melalui kabel (sirkuit luar) dan menuju elektrolit. Kesulitan siswa dalam menyebutkan siklus dari aliran elektron dalam suatu sel dikarenakan siswa yang menjadi partisipan masih berada di kelas 11 SMA dan belum memahami prinsip sel elektrokimia.

### 3.2 Analisis Pemahaman Konten Kimia Siswa SMA pada DSSC

Berdasarkan hasil observasi dan pengisian angket, didapat hasil bahwa siswa sudah memahami bahwa larutan elektrolit memiliki ion-ion yang bergerak bebas dan dapat menghantar arus listrik. Adapun dua siswa menjawab bahwa ion baru akan bergerak bebas ketika dialirkan listrik ke dalamnya. Namun, empat siswa lainnya mengungkapkan bahwa larutan elektrolit dapat melepaskan atau menghasilkan elektron sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Pemahaman ini kemungkinan besar adalah miskonsepsi yang dialami siswa pada pembelajaran larutan di materi larutan elektrolit.

Pada pertanyaan mengenai reaksi redoks menunjukkan hasil bahwa pertanyaan lebih mudah dijawab siswa. Mayoritas siswa mengingat reaksi redoks sebagai perubahan bilangan biloks karena adanya pelepasan dan penerimaan oksigen dan mengakibatkan perubahan biloks. Konsep redoks yang melibatkan transfer elektron tidak bisa disebutkan oleh siswa tanpa bantuan dari peneliti. Bantuan diberikan melalui gambar dan persamaan reaksi yang menunjukkan perubahan biloks tersebut dapat terjadi karena adanya serah terima elektron yang sesuai dengan penelitian yang sudah ada (Silberberg, 2015). Namun, siswa langsung dapat menghubungkan reaksi redoks dengan pelepasan dan penangkapan elektron. Dengan bantuan dari peneliti, semua siswa sudah dapat menyebutkan ciri dari reaksi redoks yakni perpindahan elektron dari satu reaktan ke reaktan lain (Silberberg, 2015). Meskipun tidak ada siswa yang dapat menyebutkan bahwa reaksi redoks merupakan reaksi oksidasi dan reduksi yang berlangsung bersamaan, mereka sudah mengetahui bahwa dalam reaksi redoks ada elektron yang terlibat di dalamnya.

Selain itu, data menunjukkan bahwa mayoritas responden sudah dapat membedakan senyawa kovalen dan ionik yang tersusun dari senyawa nonlogam dan nonlogam untuk kovalen, sedangkan senyawa ionik terdiri dari logam dan nonlogam. Ketika diberi bantuan berupa gambar ikatan kovalen dan ionik, siswa baru bisa menyebutkan bagaimana perbedaan senyawa kovalen dan senyawa ionik dari segi ikatannya. Siswa lebih mudah menjawab ikatan ionik dari gambar NaCl yaitu ikatan yang terjadi karena adanya gaya elektrostatik dari kedua ion yang berbeda muatan. Pada senyawa kovalen, ketika hanya diberi gambar struktur Lewis tanpa ada keterangan PEB dan PEI, siswa masih kesulitan mengidentifikasi bagaimana senyawa kovalen dapat berikatan. Akan tetapi, ketika keterangan tersebut diberikan, siswa dapat menyebutkan bahwa adanya pasangan elektron ikatan yang merupakan pemakaian elektron bersama ikatan kovalen yang berikatan sesuai dengan penelitian yang sudah ada (Silberberg, 2015). Siswa sudah mampu membedakan senyawa ionik dan senyawa kovalen dari segi ikatannya.

Pada saat siswa ditanyakan mengenai keterhubungan reaksi redoks dengan energi listrik, menunjukkan hasil bahwa siswa telah paham dan mengetahui bahwa reaksi oksidasi pelepasan elektron dan reaksi reduksi merupakan pelepasan elektron sesuai dengan penelitian yang sudah ada (Silberberg, 2015). Namun, ketika ditanyakan keterhubungannya sehingga menjadi energi listrik, tidak ada siswa yang dapat menjawab tanpa diberi bantuan berupa animasi sel volta yang menggambarkan mengapa suatu kincir dapat bergerak dari sebuah sel elektrokimia akibat terjadinya reaksi redoks yang spontan sehingga timbul aliran elektron. Hasil dari jawaban ini sejalan dengan hasil pada pertanyaan mekanisme reaksi pada DSSC. Siswa masih belum dapat menjelaskan bagaimana siklus aliran elektron yang terjadi dalam suatu sel. Meski belum mempelajari sel elektrokimia, siswa dapat mengidentifikasi animasi yang berisi reaksi redoks dan melihat arah aliran elektron yang melewati kincir sehingga kincir dapat berputar. Kemudian, siswa dapat membuat kesimpulan bahwa aliran elektron dapat mengakibatkan aliran listrik.

### 3.3 Analisis Pemahaman Siswa pada Aspek Sains, Teknologi, dan Rekayasa

Dengan menganalisis pemahaman siswa terkait aspek sains, teknologi, dan rekayasa melalui beberapa pertanyaan, siswa menjawab dengan menyebutkan pada pertanyaan

pertama bahwa penggunaan teknologi DSSC dapat mempermudah kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan perilaku masyarakat. Alasan yang diungkapkan beragam. Namun, siswa lebih melihat bagaimana dampak lingkungan dan ekonomis dari kegunaan DSSC dibandingkan listrik konvensional. Jawaban siswa sejalan dengan pernyataan bahwa teknologi bertujuan memenuhi kebutuhan manusia baik melalui alat, instrumen, atau lainnya (Roger, 1983).

Ketika siswa ditanya mengenai hakikat sains, tidak ada satu pun jawaban siswa yang menggambarkan sains sebagai alat untuk menjelaskan fenomena. Siswa hanya menjawab bahwa ruang lingkup sains adalah mempelajari alam, tetapi tidak menjelaskan bahwa sains adalah ilmu-ilmu pengetahuan berdasarkan fakta, hasil observasi, dan eksperimen (Roger, 1983). Siswa menjawab penelitian saintifik atau karakteristik penelitian sains merupakan penelitian yang sesuai prosedur dan langkah kerja. Siswa tidak menyinggung bahwa penelitian saintifik merupakan penelitian yang terinvestigasi secara sistematis dan tersusun terhadap suatu teori dan hipotesis sains sebagai salah satu cara memberikan penjelasan sains yang memuaskan (Roger, 1983). Selanjutnya, siswa tidak mencapai kesimpulan bahwa penyusunan yang sistematis tersebut digunakan untuk memberikan penjelasan yang dapat memuaskan saintis lainnya.

Selanjutnya yaitu penggalian pemahaman siswa lebih dalam mengenai bagaimana suatu penelitian dapat terus berlanjut dari generasi ke generasi. Lima dari 15 siswa menjawab tuntutan kehidupan manusia menjadi salah satu dorongan para ilmuwan dalam mengembangkan sains. Pandangan ini berbeda dari pernyataan bahwa saintis bertujuan memuaskan rasa ingin tahu, berbeda dengan teknologis yang berusaha memenuhi kebutuhan manusia sedangkan perkembangan teknologi lah yang didesak oleh tuntutan kehidupan karena teknologi merupakan suatu pendekatan untuk memanipulasi lingkungan demi kepentingan manusia bagi manusia (Roger, 1983). Adapun siswa yang menyebut sains sebagai dorongan untuk terus memperbaiki teknologi/pengetahuan sebelumnya, sejalan dengan pernyataan bahwa proses saintifik merupakan cara yang dilakukan peneliti untuk memberikan penjelasan yang memuaskan (Roger, 1983). Jadi, para peneliti terus melakukan penelitian untuk terus memperoleh kepuasan dari penjelasan terhadap fenomena sains. Dari semua hasil jawaban, belum ada siswa yang mencapai pemahaman tersebut.

Untuk selanjutnya mengenai eksperimen yang mendukung teori ilmiah, berdasarkan hasil angket menunjukkan bahwa total 15 siswa tidak ada satu pun yang menyebutkan bahwa eksperimen yang dapat mendukung teori ilmiah harus divalidasi dan diverifikasi. Ketika suatu teori ilmiah telah disetujui/divalidasi oleh para saintis, maka keseluruhan sistem dari ide atau eksperimen yang berkaitan dengan fenomena yang dipelajari akan memberikan dampak perubahan bagi perkembangan ilmu sains (Roger, 1983). Siswa menyadari bahwa teori sains muncul dari fenomena tetapi hal ini tidak diutarakan siswa ketika ditanya mengenai hakikat sains.

Berdasarkan hasil pengisian angket mengenai suatu hal yang berhubungan dengan proses mendapatkan suatu teori ilmiah menunjukkan bahwa mayoritas siswa menjawab terus melakukan eksperimen untuk memperoleh hasil yang sama sehingga eksperimen dapat dikatakan benar secara saintifik. Penelitian saintifik dilakukan untuk memvalidasi suatu hipotesis dengan melakukan berkali-kali verifikasi terhadap suatu hasil. Namun, berapa pun jumlah verifikasi tidak selalu menjadikan hipotesis tersebut benar sedangkan

satu hasil yang bertentangan dapat membuktikan hipotesis tersebut salah. Konsekuensi tersebut merupakan dampak dari hukum saintifik (Roger, 1983). Jawaban siswa tidak begitu lengkap, tetapi mereka dapat menggambarkan alasan mengapa penelitian sains biasanya dilakukan secara berulang-ulang baik oleh peneliti yang sama ataupun oleh peneliti lain untuk memperoleh hasil yang sama. Namun, siswa belum mengetahui bahwa penelitian perlu divalidasi.

Berdasarkan hasil pengisian angket mengenai suatu cara melihat bagaimana pandangan siswa terhadap hubungan sains dan teknologi. Semua siswa berpendapat bahwa sains dan teknologi saling berhubungan dan tidak dapat lepas kaitannya satu sama lain. Pemahaman seperti ini wajar karena perkembangan sains dan teknologi sekarang ini menjadikan batasan antara keduanya menjadi semu (Gardner, 1994). Siswa pun ada yang berpendapat bahwa sains dan teknologi mempengaruhi satu sama lain sehingga perkembangan sains mendorong perkembangan teknologi dan begitu juga sebaliknya. Akan tetapi, ada juga siswa yang mengemukakan bahwa teknologi dipengaruhi sains namun tidak sebaliknya dan teknologi merupakan aplikasi dari sains. Siswa menunjukkan dua pandangan dari empat pandangan sesuai dengan penelitian sebelumnya (Gardner, 1994).

Berdasarkan hasil pengisian angket mengenai fungsi untuk menggali pemahaman siswa mengenai ilmu sains yang dapat digunakan di DSSC sebagai bentuk fitur ataupun kecanggihan teknologi DSSC, menunjukkan bahwa seluruh responden berpendapat bahwa DSSC merupakan teknologi yang memanfaatkan berbagai ilmu sains. Penciptaan DSSC seperti penggunaan senyawa organik yang berasal dari tanaman merupakan ilmu sains pada bidang biologi, penggunaan material-material serta reaksi yang terjadi dilakukan dengan pertimbangan ilmu kimia, dan arus listrik serta foton sebagai energi merupakan salah satu pengetahuan di bidang fisika. Pandangan seperti ini sejalan dengan pertanyaan keenam. Mayoritas siswa berpendapat bahwa sains dan teknologi saling mempengaruhi, kemajuan sains dapat menjadikan kemajuan teknologi pula (Gardner, 1994). Para saintis dan teknologis merupakan kelompok yang berusaha mempelajari keuntungan satu sama lain dengan penelitian saintifik untuk mengembangkan teknologi. Pada DSSC, teknologis memanfaatkan pengetahuan saintis mengenai pewarna organik dan cairan ionik. Siswa sudah mampu menggambarkan bagaimana teknologi DSSC memanfaatkan ilmu sains sebagai suatu produk. Hal ini menunjukkan bentuk hubungan teknologi dan sains yang sesuai dengan penelitian sebelumnya (Gardner, 1994).

Pertanyaan kedelapan merupakan pertanyaan yang bertujuan menguji pengetahuan siswa dalam bidang teknologi dengan prinsip yang sama yaitu mengubah suatu reaksi kimia menjadi energi listrik, tetapi dengan contoh berbeda. Semua siswa dapat memberikan contoh teknologi lain yang memanfaatkan reaksi kimia menjadi energi listrik, tetapi ada beberapa siswa yang memerlukan bantuan peneliti untuk dapat memberikan contoh. Mayoritas siswa sudah mengetahui bahwa aki dan baterai merupakan penghasil energi listrik dari suatu reaksi kimia, adapun siswa yang mampu menjawab dengan baik memberikan contoh nuklir sebagai reaksi kimia menjadi listrik dan menjelaskan reaksinya secara umum. Namun, siswa tidak dapat menjelaskan bagaimana prosesnya. Hal ini cukup wajar mengingat siswa yang menjadi responden belum memahami konsep elektrokimia. Akan tetapi, terdapat hal menarik saat wawancara pada sebagian siswa yang tidak dapat menjawab mekanisme kerja teknologi

seperti aki dan baterai. Saat pengisian uraian singkat, terdapat siswa yang mengisi contoh serta cara kerjanya. Hal ini menunjukkan adanya perkembangan siswa dalam upaya mencari informasi lebih lanjut setelah melakukan wawancara untuk menyempurnakan jawabannya. Contoh pemanfaatan proses lain yang dijawab oleh siswa, serupa dengan DSSC yang merupakan salah satu rekayasa erat hubungannya dengan pengembangan metode atau proses dari alat ataupun instrumen yang sudah ada.

Dari hasil wawancara dan tes tertulis, terdapat siswa yang menyebutkan bahwa elektrolit merupakan contoh suatu reaksi Kimia menjadi listrik. Jawaban seperti ini mengkonfirmasi pertanyaan pada konten kimia pada DSSC terkait elektrolit. Pada pertanyaan tersebut, juga terdapat siswa yang menyimpulkan bahwa elektrolit menghasilkan energi listrik sehingga menguatkan dugaan bahwa ada siswa yang mengalami miskonsepsi pada konsep elektrolit.

Berdasarkan hasil pengisian angket untuk menggali pemahaman siswa untuk menyebutkan karakteristik material yang lebih baik untuk sel surya kedepannya. Mayoritas siswa hanya menyebutkan sel surya kedepannya dapat lebih efisien dan lebih murah secara keseluruhan dan tidak menyebutkan untuk setiap material. Namun, ada siswa yang menyebutkan kedepannya material-material dalam DSSC harus menyerupai zat warna yang ramah lingkungan dan mudah diperoleh. Ada pula siswa yang menyinggung mengenai substrat yang lebih mudah ditembus oleh cahaya matahari. Dengan menjawabnya per komponen, menggambarkan bahwa siswa paham dengan cara kerja ataupun kegunaan komponen tersebut sehingga mereka dapat mengevaluasi kedepannya komponen tersebut harus memiliki karakteristik tertentu.

Siswa yang hanya menyebutkan DSSC kedepannya secara umum, tidak per komponen sejalan dengan jawaban pada pertanyaan konten DSSC mengenai fungsi dan cara kerja DSSC. Pada pertanyaan tersebut, siswa pun mengalami kesulitan dalam menjelaskan beberapa komponen dan cara kerja DSSC. Jawaban siswa yang menjawab secara umum dengan jawaban siswa yang menyebutkan per komponen sejalan dengan pernyataan bahwa dalam mendesain teknologi, tidak peduli alat tersebut merupakan suatu mesin, instrumen, sumber energi, atau apapun itu, tetapi yang terpenting adalah alat tersebut harus dapat melakukan tugas sesuai dengan yang diharapkan yaitu lebih efisien dan memiliki harga yang kompetitif (Roger, 1983). Hal ini merujuk pada aspek desain rekayasa.

Berdasarkan hasil pengisian angket untuk menggali kemampuan siswa dalam memahami rekayasa dalam kebutuhan sehari-hari. Mayoritas siswa menjawab saat menggunakan teknologi, biayanya harus lebih hemat dibandingkan dengan cara konvensional. Siswa menuturkan bahwa penggunaan teknologi terbaru harus lebih efisien jika dibandingkan dengan teknologi terdahulu. Ada pula siswa yang menjawab bahwa penggunaan teknologi yang dibutuhkan adalah teknologi yang dapat mempermudah kehidupan manusia dan memenuhi faktor keselamatan pengguna. Faktor ekonomi dan keselamatan merupakan keputusan yang perlu diambil oleh masyarakat yang ingin menggunakan teknologi untuk efisiensi pengguna (Roger, 1983). Namun, siswa belum sampai pada pertimbangan pemilihan teknologi berdasarkan kesediaannya. Berdasarkan penelitian yang sudah ada diketahui bahwa keputusan yang lebih mendalam tentang pemilihan teknologi tersebut yakni dari aspek norma maupun kebiasaan masyarakat (Roger, 1983). Faktor tersebut didasarkan pada dampak teknologi sebagai

pertimbangan keetisan penggunaan teknologi dalam kehidupan masyarakat (Roger, 1983). Salah satu karakteristik dari rekayasa adalah mempertimbangkan pengaruh masyarakat secara langsung. Dari jawaban siswa, belum ada yang menyinggung perihal keetisan penggunaan teknologi.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan temuan dan pembahasan, maka kesimpulan yang didapat siswa sudah mengenal sel surya tetapi masih sangat awam dengan DSSC dan bagaimana cara kerja serta komponen-komponennya. Kesulitan siswa disebabkan adanya kalimat yang tidak dimengerti dalam bahan ajar. Kesulitan siswa dalam menjelaskan mekanisme kerja DSSC dipengaruhi oleh pemahaman siswa pada konsep elektrokimia. Pemahaman siswa terkait konten kimia pada DSSC sudah sangat baik. Namun, ditemukan juga miskonsepsi yang dialami siswa pada konsep elektrolit. Ketika pemahaman konten kimia siswa dihubungkan dengan DSSC, siswa masih mengalami kesulitan karena tidak memahami fungsi komponen-komponen dalam DSSC dengan baik. Pemahaman sains, teknologi, dan rekayasa siswa sudah menunjukkan adanya pengetahuan yang dimiliki oleh siswa. Pada pengetahuan sains, siswa belum dapat memahami karakteristik sains dan penelitian saintifik. Siswa dapat menghubungkan sains dan teknologi sebagai hubungan timbal balik. Pada pengetahuan rekayasa, siswa telah dapat memberikan contoh proses lain yang serupa dengan DSSC dan dapat memberikan alasan penggunaan teknologi dengan melihat aspek keamanan, ekonomis, dan faktor lingkungan. Namun, siswa belum dapat mengaitkannya dengan faktor masyarakat.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

#### 6. REFERENSI

- Amahoroe, R. A., Arifin, M., Solihin, H. (2020). Penerapan desain praktikum berbasis Stem pada pembuatan tempe dari fermentasi biji nangka (*artocarpus heterophyllus*) untuk meningkatkan literasi sains siswa smk. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJCE)*, 10(2), 89-100.
- Aoun, J. E. (2017). Higher Education in the Age of Artificial Intelligence. *In The MIT Press*, 91.
- Hasan, H. (2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi. *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan*, 10(2), 169-180.
- Hernani, H., Mudzakir, A., & Sumarna, O. (2016). Ionic Liquids Material as Modern Context of Chemistry in School. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1), 63-68.
- Huda, I. A. (2020). Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) terhadap kualitas pembelajaran di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 2(1), 121-125.
- Maryanto, A., Kurniawan, F. (2016). Fabrikasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl Menggunakan Membran Poliisoprena dan LDPE. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2).
- Nurussaniah, B. A. (2016). Pengaruh Temperatur Anil Elektroda Grafit Terhadap Karakteristik Arus Dan Tegangan (I-V) Dye Sensitizer Solar Cell (Dssc). *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 3(1), 9-16.

- Rogers, G. (1983). *The nature of Engineering A philosophy of technology*. London: *The Macmillan Press LTD*.
- Silberberg, M. (2015). *Principles of General Chemistry, Seven Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Suciastini, K., Rasana, I. D. P. R., Suarjana, I. M. (2013). Pengaruh Model Pembelajaran Contextual Teaching Learning Berbantuan Lks Terhadap Hasil Belajar IPA Siswa Kelas Iv Sd Gugus I II Kecamatan Sukasada. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 1(1).