BAB IV
TEMUAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perumusan Tujuan Pembelajaran Berdasarkan Aspek Literasi Sains PISA 2015, Kompetensi Inti, dan Kompetensi Dasar Kurikulum 2013

Perumusan tujuan pembelajaran merupakan langkah terakhir yang dilakukan pada tahap *define*. Tujuan pembelajaran dirumuskan dengan menggabungkan tuntutan kurikulum 2013 dan empat aspek literasi sains PISA 2015. Terdapat empat langkah yang dilakukan pada tahap *define* di dalam penelitian ini, yaitu:

4.1.1 *Front-end analysis*

Analisis keberadaan buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna dilakukan dengan cara mencari buku pengayaan, baik pada skala nasional atau internasional. Berdasarkan data mengenai buku yang dinyatakan layak untuk digunakan sebagai sumber belajar pada jenjang pendidikan dasar dan menengah, penelusuran jurnal, serta buku elektronik, buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna belum ada sehingga buku ini dapat dikembangkan.

4.1.2 Analisis konsep *(concept analysis)*

Analisis konsep merupakan langkah penting dalam perumusan tujuan pembelajaran yang bertujuan untuk mengidentifikasi konten-konten kimia SMA yang berhubungan dengan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna atau *dye sensitized solar cell* (DSSC). Bahan yang dianalisis adalah jurnal dan buku teks sel surya berbasis sensitasi pewarna, cairan ionik, dan grafit, buku teks kimia universitas, serta buku kimia SMA. Jurnal dan buku teks terkait konteks digunakan untuk mengidentifikasi konten-konten kimia SMA yang berhubungan dengan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna, sedangkan buku kimia SMA dan universitas digunakan untuk mencocokkan konten yang ada pada jurnal. Tabel 4.1 merupakan penjabaran analisis konsep yang telah dilakukan sehingga diperoleh konten-konten kimia SMA yang berhubungan dengan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna, yaitu ikatan kovalen, larutan elektrolit, reaksi redoks, gaya London, gaya elektrostatik, sel Volta, dan unsur transisi periode 4.

Noriko Medoruma Marlita, 2017
PENGEMBANGAN BUKU PENGAYAAN KONTEKS SEL SURYA BERBASIS SENSITASI PEWARNA DAN POTENSINYA UNTUK MEMBANGUN LITERASI SAINS SISWA SMA
Univeristas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 4.1
Konten Kimia SMA untuk Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Konten-Konten Kimia SMA	Penggalan Kalimat dalam Jurnal dan Buku Teks terkait Konteks	Penggalan Kalimat dalam Buku Kimia SMA dan Universitas
Ikatan kovalen ▪ Ikatan kovalen tunggal	Di dalam lapisan, setiap atom grafit diikat secara kovalen oleh tiga atom karbon lainnya, menggunakan tiga elektron valensi. Elektron valensi keempat tersedia untuk ikatan π antaratom yang saling berdekatan, menyebabkan delokalisasi di seluruh lapisan (CS Toh, 2016, hlm. 43).	Ikatan kovalen terbentuk ketika dua atom berbagi satu atau lebih pasang elektron. (Whitten, dkk., 2004, hlm. 278). Dalam sebuah ikatan (kovalen) tunggal, dua atom disatukan oleh satu pasang elektron (Chang, 2010, hlm. 375).
▪ Ikatan rangkap terkonjugasi	Pada umumnya, konstruksi fotosensitizer terdiri atas jembatan *donor-acceptor-substituted* π-terkonjugasi (Hug, Bader, Mair, & Glatzel, 2014, hlm. 218).	Ikatan rangkap konjugasi adalah ikatan rangkap selang-seling dengan ikatan tunggal atau disebut juga elektronnya dapat berpindah-pindah (terdelokalisasi) (Sunarya & Setiabudi, 2009, hlm. 287).
Larutan elektrolit	Kristal cair ionik berbasis garam fatty imidazolium yaitu cis-oleil-imidazolinium iodida memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan sebagai elektrolit redoks pada sel surya tersensitasi zat warna DSSC (Hardian, Mudzakir, & Sumarna, 2010, hlm. 15).	Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik (Wright, 2007, hlm. 2)
Reaksi redoks	Sistem elektrolit redoks yang biasa digunakan umumnya disusun dari pasangan redoks I_3^-/I^- dalam pelarut organik seperti asetonitril atau 3-metoksi propinitril (Hardian, dkk., 2010, hlm. 8).	Reaksi oksidasi-reduksi merupakan reaksi di mana oksidasi dan reduksi terjadi, disebut juga reaksi redoks (Whitten, dkk., 2004, hlm. 428).

Tabel 4.1
Konten Kimia SMA untuk Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna
(lanjutan)

Konten-Konten Kimia SMA	Penggalan Kalimat dalam Jurnal dan Buku Teks terkait Konteks	Penggalan Kalimat dalam Buku Kimia SMA dan Universitas
Gaya London	Ikatan antarlapisan grafit merupakan tarikan dipol sementara-dipol terinduksi yang lemah (gaya van der Waals) (CS Toh, 2016, hlm. 43).	Gaya van der Waals biasanya merujuk pada semua atrasksi intermolekul, yang terdiri dari gaya dispersi atau gaya London dan gaya dipol-dipol. Gaya di`fspersi dihasilkan dari daya tarik inti bermuatan positif dan awan elektron pada suatu atom. Sebagian awan elektron menjadi lebih menyebar dan terjadi polarisasi (Whitten, dkk., 2004, hlm. 491). Dipol dalam atom (atau molekul nonpolar) dikatakan sebagai dipol terinduksi karena pemisahan muatan positif dan negatif dalam atom (atau molekul nonpolar) (Chang, 2010, hlm. 464).
Gaya elektrostatik	Sifat cairan ionik pada suhu ruang memperhitungkan interaksi yang menghubungkan kation dan anion melalui gaya elektrostatik dan ikatan hidrogen (Kirchner, 2009, hlm. 162).	Gaya coulomb disebut juga gaya elektrostatik, ikatan ion-ion (jika menarik), atau interaksi muatan-muatan. Gaya ini terjadi antara partikel bermuatan, ion, molekul protein, atau partikel koloid. (Walstra, 2001, hlm. 44).
Sel Volta	Mekanisme operasi dari dye sensitized electrochemical solar cell (DSSC) (Wei dan Amaratunga, 2007, hlm. 900). DSSCs adalah perangkat fotonik yang mengubah cahaya tampak menjadi listrik dan	Ada dua tipe sel elektrokimia, yaitu sel Volta atau sel galvani dan sel elektrolisis. Sel Volta yakni sel yang dapat menghasilkan energi listrik akibat perubahan kimia dari elektrolit (HAM, 2002, hlm. 51).

Tabel 4.1
Konten Kimia SMA untuk Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna (lanjutan)

Konten-Konten Kimia SMA	Penggalan Kalimat dalam Jurnal dan Buku Teks terkait Konteks	Penggalan Kalimat dalam Buku Kimia SMA dan Universitas
	didasarkan pada lapisan tipis berpori dari celah pita modifikasi oksida semikonduktor yang lebar menggunakan molekul *dye* (Suhaimi, Shahimin, Alahmed, Chyskỳ, & Reshak, 2015, hlm. 2860).	
Unsur transisi periode 4 (titanium)	Semikonduktor yang paling sering digunakan adalah ZnO, CdS, TiO_2, WO_3, dan NiO. Namun, dibandingkan dengan semikonduktor ini, TiO_2 masih tetap menjadi fotokatalis semikonduktor yang paling banyak diteliti karena ketersediaannya, stabilitas kimia, biaya rendah, aktivitas fotokatalis yang tinggi, dan ketahanan terhadap korosi (Ola & Maroto-Valer, 2015, hlm. 20).	Semikonduktor adalah isolator pada temperatur rendah, tapi menjadi konduktor pada temperatur tinggi. Titanium termasuk ke dalam 18 unsur dalam unsur transisi periode empat (Whitten, dkk., 2004, hlm. 127; 220).

Konten dan konteks yang dianalisis telah memenuhi aspek literasi sains PISA 2015. Konten-konten pada tabel 4.1 merupakan konten kimia SMA yang berhubungan dengan konteks teknologi sel surya berbasis sensitasi pewarna sehingga memenuhi kriteria pengetahuan konten PISA 2015, yaitu memiliki keterkaitan dengan situasi dalam kehidupan nyata karena teknologi berkaitan dengan kehidupan nyata, konsep ilmiah yang penting karena melibatkan konten kimia. Konten kimia yang ditentukan merupajan pengetahuan konten pada sistem fisik menurut OECD (2016a) yang dijabarkan pada lampiran 1.2.

Konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna tergolong ke dalam salah satu konteks PISA 2015, yaitu batas sains dan teknologi (sebagai material baru, perangkat, dan proses). Konteks batas sains dan teknologi dipilih karena peneliti memandang pentingnya menyatukan sains dan teknologi di dalam pembelajaran

sesuai pandangan teknosains menurut Tala (2009) agar siswa dapat menghubungkan sains dengan kehidupan sehari-hari, seperti teknologi. Selain itu, dasar pemilihan konteks batas sains dan teknologi adalah pentingnya penguasaan sains dan teknologi dalam abad 21 agar Indonesia dapat turut serta dalam percaturan dunia. Konteks teknologi juga dapat meningkatkan literasi sains. (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000, hlm. 4).

4.1.3 Analisis tugas *(task analysis)*

Analisis tugas yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD) kurikulum 2013 dan kompetensi PISA 2015 yang behubungan dengan konten-konten di analisis konsep. Tujuan tahap ini adalah mengetahui kompetensi yang harus dimiliki siswa untuk membangun literasi sains siswa melalui buku pengayaan yang dikembangkan. Tabel 4.2 merupakan KI dan KD kurikulum 2013 yang akan digunakan untuk merumuskan tujuan pembelajaran pada buku pengayaan yang dikembangkan.

Tabel 4.2
KI dan KD Kurikulum 2013 pada Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Kompetensi Inti (KI)	Kompetensi Dasar (KD)
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. 2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif, dan pro-aktif sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	3.5 Membandingkan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam serta kaitannya dengan sifat zat (Kelas X). 3.7. Menghubungkan interaksi antar ion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat (Kelas X). 3.8. Menganalisis sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya (Kelas X). 3.9. Mengidentifikasi reaksi reduksi dan oksidasi menggunakan konsep bilangan oksidasi unsur (Kelas X). 3.4. Menganalisis proses yang terjadi dan melakukan perhitungan zat atau listrik yang terlibat pada suatu sel Volta, serta penerapannya dalam kehidupan (Kelas XII). 3.8. Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat, dan proses

Tabel 4.2
KI dan KD Kurikulum 2013 pada Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna (lanjutan)

Kompetensi Inti (KI)	Kompetensi Dasar (KD)
	pembuatan unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4) (Kelas XII). 4.1. Menyajikan hasil rancangan dan hasil percobaan ilmiah (Kelas X). 4.4 Merancang sel Volta dengan mengunakan bahan di sekitar (Kelas XII).

Langkah selanjutnya adalah penentuan aspek sikap PISA 2015 yang sesuai dengan KI dan kompetensi PISA 2015 yang sesuai dengan KD pada konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna, yang disajikan pada tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3
Aspek Sikap PISA 2015 dan KI Kurikulum 2013 pada Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Kompetensi Inti (KI)	Aspek Sikap PISA 2015
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	Menunjukan ketertarikan terhadap sains dan teknologi.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif, dan pro-aktif sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	Persepsi dan kesadaran terhadap masalah lingkungan; Menilai pendekatan ilmiah yang tepat untuk suatu penyelidikan.

Tabel 4.4
Kompetensi PISA 2015 dan KD Kurikulum 2013 pada Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Kompetensi Dasar (KD)	Kompetensi PISA 2015
3.5. Membandingkan ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan ikatan logam serta kaitannya dengan sifat zat (Kelas X).	Menafsirkan data dan fakta secara ilmiah; Menjelaskan fenomena secara ilmiah.

Tabel 4.4
Kompetensi PISA 2015 dan KD Kurikulum 2013 pada Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna
(lanjutan)

Kompetensi Dasar (KD)	Kompetensi PISA 2015
3.7. Menghubungkan interaksi antar ion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat (Kelas X).	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
3.8. Menganalisis sifat larutan berdasarkan daya hantar listriknya (Kelas X).	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
3.9. Mengidentifikasi reaksi reduksi dan oksidasi menggunakan konsep bilangan oksidasi unsur (Kelas X).	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
3.4. Menganalisis proses yang terjadi dan melakukan perhitungan zat atau listrik yang terlibat pada suatu sel Volta, serta penerapannya dalam kehidupan (Kelas XII).	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
3.8. Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat, dan proses pembuatan unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4) (Kelas XII).	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
4.1. Menyajikan hasil rancangan dan hasil percobaan ilmiah (Kelas X).	Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah.
4.4. Merancang sel Volta dengan mengunakan bahan di sekitar (Kelas XII).	Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah.

Pengintegrasian kompetensi Kurikulum 2013 dan kompetensi PISA 2015 merupakan upaya mengembangkan buku pengayaan yang berpotensi membangun literasi sains siswa dan memenuhi kriteria umum materi dalam buku nonteks, yaitu materi yang mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional yang ditetapkan oleh Pusbuk (2008). Dukungan terhadap pencapaian tujuan pendidikan nasional ditunjukkan oleh keterlibatan kompetensi kurikulum 2013 sebagai kurikulum nasional (Pusbuk, 2008).

4.1.4 Perumusan tujuan pembelajaran *(specifiying instructional objectives)*

Perumusan tujuan pembelajaran merupakan tahap yang dilakukan selanjutnya. Setiap tujuan pembelajaran dirumuskan menggunakan kata kerja

operasional sehingga setiap tujuan pembelajaran dapat diukur ketercapaiannya (Maryani dan Fatmawati, 2015, hlm.80). Kata kerja operasional yang digunakan merupakan kata kerja operasional dari taksonomi Krathwol untuk aspek sikap, taksonomi Anderson untuk aspek pengetahuan, dan taksonomi Dave untuk aspek keterampilan, yang tersaji pada tabel 2.1. Panduan lain yang digunakan dalam perumusan tujuan pembelajaran adalah aspek ABCD menurut Baker (dalam Susilana dan Riyana, 2009, hlm. 33). Namun, aspek yang digunakan pada tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan hanya meliputi aspek AB dan ABC, dengan siswa sebagai *audience*, kata kerja operasional sebagai *behaviour*, dan keadaan yang harus dipenuhi melalui buku pengayaan yang dikembangkan (seperti kata melalui gambar) sebagai *condition*.

Berikut merupakan penjabaran pengintegrasian aspek literasi sains PISA 2015 dan kompetensi Kurikulum 2013 pada tujuan pembelajaran yang dirumuskan.

a. Rumusan tujuan pembelajaran aspek sikap mengintergrasikan KI-1 dan KI-2 Kurikulum 2013, serta aspek sikap PISA 2015.
b. Rumusan tujuan pembelajaran aspek pengetahuan mengintegrasikan KD-3 kurikulum 2013, aspek pengetahuan konten dan epistemik, serta kompetensi PISA 2015
c. Rumusan tujuan pembelajaran aspek keterampilan mengintegrasikan KD-4 kurikulum 2013, aspek pengetahuan prosedural, dan kompetensi PISA 2015.

Rumusan tujuan pembelajaran yang telah dibuat mengalami perbaikan berdasarkan saran validator ketika melakukan validasi teks keluaran dan piktorial pendukung, yang meliputi perbaikan redaksi, kata kerja operasional, konten, tujuan pembelajaran secara total, dan penambahan tujuan pembelajaran baru. Tabel 4.5 menyajikan beberapa perbaikan tujuan pembelajaran yang telah dilakukan.

Tabel 4.5
Contoh Perbaikan Rumusan Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran Sebelum Perbaikan	Saran	Tujuan Pembelajaran Setelah Perbaikan
Siswa dapat menyatakan bahwa TiO_2 merupakan semikonduktor terbaik pada sel surya berbasis sensitasi pewarna.	- Tujuan pembelajaran konten lebih tereksplor. - Tujuan pembelajaran dapat diubah sehingga	Siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan

Tabel 4.5
Contoh Perbaikan Rumusan Tujuan Pembelajaran
(lanjutan)

Tujuan Pembelajaran Sebelum Perbaikan	Saran	Tujuan Pembelajaran Setelah Perbaikan
	memfasilitasi siswa untuk dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi DSSC yang menggunakan nanopartikel TiO_2	semikonduktor nanopartikel TiO_2.

Saran validator mengenai perubahan tujuan pembelajaran secara total diterima karena tujuan sebelum perbaikan hanya memfasilitasi siswa untuk menghafal sehingga tidak mampu memperkaya wawasan pembaca, yang merupakan karakteristik materi buku pengayaan (Depdiknas, 2008, hlm, 8).

Saran mengenai penambahan tujuan pembelajaran juga diterima karena buku pengayaan yang dikembangkan diharapkan memiliki potensi untuk membangun literasi sains dan literasi sains tidak hanya mencakup pengetahuan konten, tetapi pengetahuan prosedural dan epistemik (OECD, 2016a). Pengetahuan prosedural yang ditambahkan meliputi penentuan variabel bebas, terikat, dan kontrol, serta penyajian data hasil percobaan yang tepat, sedangkan pengetahuan epistemik yang ditambahkan adalah dasar pemikiran peneliti dalam menciptakan cairan ionik. Selain itu, validator memberikan masukan untuk menambahkan materi mengenai ikatan kovalen dan gaya London pada grafit serta aliran elektron di dalam sel surya berbasis sensitasi pewarna sehingga tujuan pembelajaran pun harus dirumuskan agar kompetensi yang diharapkan dari pembaca menjadi jelas. Tabel 4.6 menyajikan beberapa rumusan tujuan pembelajaran tambahan.

Tabel 4.6
Beberapa Rumusan Tujuan Pembelajaran Tambahan

Aspek Pengetahuan PISA 2015	Rumusan Tujuan Pembelajaran Tambahan
Konten	Siswa dapat menggambarkan struktur Lewis pembentukan ikatan kovalen antar atom karbon pada grafit melalui peninjauan jumlah elektron valensi atom karbon yang digunakan untuk berikatan dengan atom karbon lainnya.
Prosedural	Siswa terampil menentukan variabel bebas dalam percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi

Tabel 4.6
Beberapa Rumusan Tujuan Pembelajaran Tambahan
(lanjutan)

Aspek Pengetahuan PISA 2015	Rumusan Tujuan Pembelajaran Tambahan
	pewarna sederhana melalui teks yang disajikan.
Epistemik	Siswa dapat menjelaskan pemikiran yang mendasari penemuan cairan ionik.

4.2 Konstruksi Buku Pengayaan Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Konstruksi buku pengayan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna dilakukan pada tahap *design*, yang meliputi konstruksi teks dasar, struktur makro, teks keluaran dan piktorial pendukung, serta instrumen uji keterpahaman.

4.2.1 Konstruksi teks dasar buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna

Teks dasar buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna dibuat dengan menghaluskan gabungan teks asli konteks dan konten melalui penghapusan dan penyisipan kata atau frasa agar pembaca dapat memahami teks sesuai kemampuannya (Setiadi, 2014, hlm. 3). Teks asli konteks diperoleh dari jurnal, artikel ilmiah, buku teks, laporan penelitian, skripsi, dan *handout*, sedangkan teks asli konten diperoleh dari buku kimia SMA dan universitas. Penyusunan materi berdasarkan teks asli konteks dan konten dilakukan agar buku yang dikembangkan memenuhi komponen materi buku pengayaan yang berkualitas, yaitu sesuai dengan perkembangan ilmu yang mutakhir, sahih, dan akurat (Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2017, hlm. 70). Contoh konstruksi teks dasar disajikan pada tabel 4.7, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.2.

Tabel 4.7
Contoh Konstruksi Teks Dasar

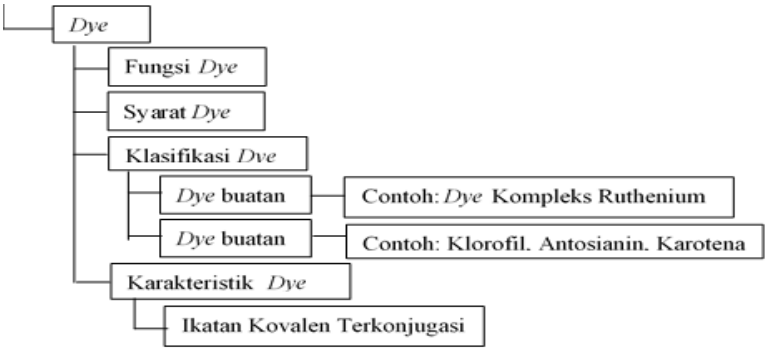
Teks Asli Konteks	Teks Asli Konten	Teks Dasar
Itu adalah bagaimana listrik (aliran elektron sepanjang konduktor) dihasilkan. Proses fotoelektrokimia yang terjadi di dalam DSSC: $TiO_2\|S + hv \rightarrow TiO_2\|S^*$ $TiO_2\|S^* \rightarrow TiO_2\|S^+ + e^-$ (CB)	Katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana reduksi terjadi dengan	Proses fotoelektrokimia yang terjadi di dalam DSSC: $TiO_2\|S + hv \rightarrow TiO_2\|S^*$ $TiO_2\|S^* \rightarrow TiO_2\|S^+ + e^-$ (CB) $TiO_2\|S^* + 3I^- \rightarrow TiO_2\|S + I_3^-$ $I_3^- + 2e^-(Pt) \rightarrow 3I^-$

Tabel 4.7
Contoh Konstruksi Teks Dasar
(lanjutan)

Teks Asli Konteks	Teks Asli Konten	Teks Dasar
$TiO_2\|S^* + 3I^- \rightarrow TiO_2\|S + I_3^-$ $I_3^- + 2e^-(Pt) \rightarrow 3I^-$ Langkah percobaan dilakukan pada tiga bagian, yaitu persiapan elektroda katoda (TiO_2 *photoelectrode*) dan persiapan elektroda anoda (*electro counter electrode*).	pengikatan elektron oleh suatu spesi. Anoda adalah elektroda di mana oksidasi terjadi dengan pelepasan elektron oleh suatu spesi.	~~Langkah percobaan dilakukan pada tiga bagian, yaitu persiapan~~ Pada DSSC, ~~elektroda~~ katoda berupa TiO_2 *photoelectrode*, dan ~~persiapan elektroda~~ anoda berupa *electro counter electrode*. Katoda dan anoda merupakan elektroda dalam sel elektrokimia. Katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana reduksi terjadi dengan pengikatan elektron. oleh suatu spesi. Anoda adalah elektroda di mana oksidasi terjadi dengan pelepasan elektron oleh suatu spesi.

4.2.2 Konstruksi struktur makro buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna

Konstruksi struktur makro berdasarkan teks dasar yang telah dibuat. Struktur makro menjadi pedoman urutan untuk menyusun teks keluaran. Struktur makro memiliki dimensi progresi dan elaborasi. Dimensi progresi yang dipetakan ke bawah menunjukkan ketepatan struktur materi, sedangkan dimensi elaborasi yang dipetakan ke samping menunjukkan kejelasan hubungan antarunit teks (Setiadi, 2014, hlm. 6). Gambar 4.1 menyajikan contoh struktur makro yang dikembangkan, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.1.



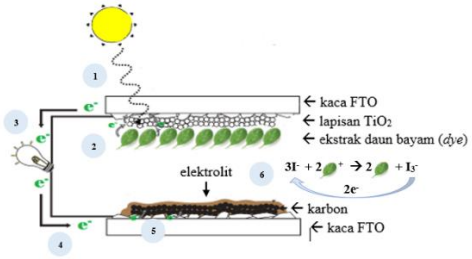
Gambar 4.1 Contoh Struktur Makro Buku Pengayaan Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Konstruksi struktur makro bertujuan untuk memenuhi komponen penyajian sebagai komponen utama dalam penulisan buku nonteks yang berkualitas menurut Pusbuk (2008), yang menuntut penyajian materi yang runtun di dalam buku pengayaan.

4.2.3 Konstruksi teks keluaran dan piktorial pendukung buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna

Pembuatan teks keluaran merupakan adaptasi pengalihan teks dari teks dasar pada pembuatan bahan ajar *courseware* oleh Setiadi agar siswa dapat memahami konsep dengan mengkonstruksi pengetahuannya secara mandiri (Sunarya & Setiadi, 2012, hlm. 94). Selanjutnya, teks keluaran disisipkan piktorial pendukung. Pemilihan piktorial pendukung teks bergantung pada karakter objek, baik sifat dinamisnya (diam atau bergerak) maupun sifat visual (dapat dilihat atau tidak). Piktorial pendukung yang digunakan adalah foto/gambar/ilustrasi/simbol karena buku hanya memiliki dua dimensi. Jika objek bersifat diam dan dapat dilihat, piktorial yang digunakan adalah foto/gambar, sedangkan objek yang bersifat diam dan tidak dapat dilihat menggunakan piktorial berupa gambar/ilustrasi/simbol/lambang (Setiadi, 2014, hlm. 12). Tabel 4.8 menyajikan contoh konstruksi teks keluaran dan piktorial pendukung.

Tabel 4.8
Contoh Konstruksi Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung

Teks Dasar	Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung
Bagaimana Sel Surya *Berrry* Bekerja 1. Cahaya matahari melewati kaca FTO dan titanium dioksida. 2. Cahaya matahari diserap olhe *dye* sehingga mengakibatkan elektron dalam molekul *dye* tereksitasi dan berpindah ke titanium dioksida serta menyebabkan molekul *dye* bermuatan positif. 3. Elektron berkumpul di kaca FTO dan bergerak melalui kabel sehingga lampu menyala. 4. Setelah lampu menyala, elektron terus mengalir ke kaca FTO. 5. Elektron bergerak dari kaca FTO ke lapisan karbon. 6. Molekul iodida (I^-) memberikan	**Mekanisme Kerja Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna** Tahapan di bawah ini menggambarkan mekanisme kerja sel surya berbasis sensitasi pewarna.  Gambar 10. Mekanisme kerja DSSC (sumber NGGS, 2014) *1.* Cahaya matahari melewati kaca FTO dan TiO_2. Cahaya matahari diserap oleh *dye*

Tabel 4.8
Contoh Konstruksi Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung
(lanjutan)

Teks Dasar	Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung
elektron untuk mengurangi molekul jus berry yang tereksitasi dari muatan positif ke tidak bermuatan, yang mengubah I^- ke I_3^- (triiodida). Elektron dari elektroda pertama mengubah I_3^- kembali ke I^- (dikatalisis oleh karbon).	sehingga elektron tereksitasi dan pindah ke TiO_2. $D + uv \rightarrow D^+ + e^- (TiO_2)$ *Dye* yang awalnya tidak bermuatan menjadi bermuatan positif. 2. Elektron berkumpul di kaca FTO dan bergerak melalui kabel sehingga lampu menyala. 3. Setelah lampu menyala, elektron kembali mengalir ke kaca FTO lainnya. 4. Elektron bergerak dari kaca FTO ke lapisan karbon. 5. Elektron yang diterima diikat oleh triiodida (I_3^-) sehingga terbentuk iodida (I^-) dengan bantuan karbon sebagai katalis. $I_3^- + 2e^- \rightarrow 3I^-$ Molekul iodida (I^-) selanjutnya memberikan elektron kepada *dye*, sehingga *dye* kembali netral.

Terdapat perbedaan antara teks dasar dan teks keluaran, di mana teks dasar hanya berisi materi dari penghalusan gabungan teks asli konteks dan konten, sedangkan teks keluaran berisi materi yang dibuat lebih menarik dan sederhana dan akan diinformasikan kepada siswa agar mudah diajarkan dan dipahami (Setiadi, dkk., 2004; Anggraeni, 2016). Konstruksi teks keluar merupakan upaya menyajikan materi yang lugas dan mudah dimengerti dengan kosakata yang sederhana sehingga pembaca pemula dapat memiliki keterpahaman tinggi, yang merupakan komponen penyajian dan bahasa sebagai komponen utama dalam penulisan buku nonteks yang berkualitas menurut Pusbuk (2008).

Komponen lain yang disajikan adalah ilustrasi karena komponen ilustrasi merupakan komponen di dalam buku pengayaan (Pusbuk, 2008). Selain itu, Pusbuk (2008) menyatakan bahwa ilustrasi (gambar/foto/diagram/tabel) yang digunakan harus sesuai dengan teks dalam buku pengayaan. Oleh sebab itu, gambar pada tabel

4.8 merupakan ilustrasi yang dibuat dengan menambahkan angka sesuai tahapan yang dijelaskan di bawah gambar agar sesuai dengan teks yang sedang membicarakan mekanisme kerja. Mekanisme reaksi melibatkan pergerakan elektron di dalam sel surya berbasis sensitasi pewarna yang tidak dapat dilihat sehingga ilustrasi merupakan jenis piktorial pendukung teks yang tepat untuk dipilih.

4.3 Hasil Validasi Buku Pengayaan Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Validasi merupakan salah satu langkah yang dilakukan pada tahap *develop*, yaitu penilaian ahli *(expert appraisal)* (Thiagarajan dkk., 1974, hlm. 8). Validasi yang dilakukan pada penelitian ini berupa validasi teks keluaran dan piktorial pendukung dengan kriteria ketepatan konteks dan konten, kesesuaian teks dengan tujuan pembelajaran, ketepatan ilustrasi, gambar, simbol, sketsa, dan percobaan, serta kesesuaian teks dengan kemampuan siswa SMA, yang dilakukan untuk mendapatkan saran perbaikan terhadap buku pengayaan. Hasil validasi yang dilakukan menunjukkan bahwa buku pengayaan yang dikembangkan valid dengan perbaikan pada setiap temuan sebagai berikut.

4.3.1 Temuan 1

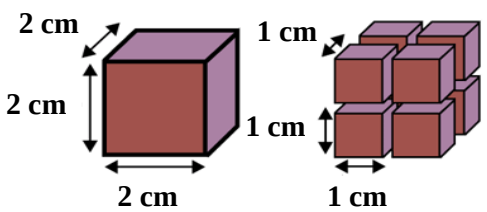
Pada tujuan pembelajaran “siswa menunjukkan ketertarikan terhadap informasi sel surya berbasis sensitasi pewarna sebagai wujud kebesaran Tuhan YME melalui fenomena yang diberikan”, validator menyarankan untuk menjelaskan istilah energi yang dapat diperbarui dan energi yang tidak dapat diperbarui. Saran tersebut diterima berdasarkan pertimbangan penyataan Best, dkk. (2005) bahwa penulis buku sains terkadang kurang mempertimbangkan pengetahuan awal pembaca. Terdapat kemungkinan adanya pembaca yang tidak tahu materi mengenai energi yang dapat diperbarui dan energi yang tidak dapat diperbarui, sehingga informasi mengenai kedua sumber energi tersebut ditambahkan dengan jelas agar siswa tidak harus bergantung pada pengetahuan awal mereka mengenai pengertian untuk kedua sumber energi tersebut dan dapat memahami teks dengan baik. Rincian materi yang ditambahkan dapat dilihat pada lampiran 5.

4.3.2 Temuan 2

Tujuan pembelajaran 3.8.2.1 mengenai semikonduktor TiO_2 diganti dari "siswa dapat menyatakan bahwa TiO_2 merupakan semikonduktor terbaik dalam sel surya berbasis sensitasi pewarna" dinyatakan valid oleh semua validator, dengan saran untuk mengganti tujuan menjadi "siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor nanopartikel TiO_2". Perubahan dilakukan untuk memfasilitasi siswa dalam membangun kemampuan yang belum dimiliki siswa Indonesia, yaitu kemampuan menafsirkan data dari konteks yang kurang familiar (OECD, 2016b, hlm. 60; 71). Nanopartikel merupakan semikonduktor pada sel surya berbasis sensitasi pewarna yang tergolong ke dalam konteks yang kurang familier bagi siswa. Jenis nanopartikel yang dibahas adalah nanopartikel TiO_2.

Nanopartikel TiO_2 memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan TiO_2 karena total luas permukaannya sehingga jumlah *dye* dan matahari yang diserap, serta jumlah elektron yang tereksitasi lebih banyak dibandingkan semikonduktor TiO_2 (Jeng, Wung, Chang & Chow, 2013, hlm. 2). Terdapat kemungkinan bahwa materi tentang hubungan ukuran partikel dengan total luas permukaan bukan merupakan pengetahuan awal siswa sehingga materi tersebut disajikan dengan jelas oleh peneliti, seperti pada tabel 4.9.

Tabel 4.9
Perbaikan Materi pada Tujuan Pembelajaran 3.8.2.1

Teks Keluaran	Piktorial Pendukung
Nilai efisiensi nanopartikel TiO_2 yang lebih besar dibandingkan TiO_2 dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: 1. Total luas permukaan Jika ukuran partikel semakin kecil, total luas permukaan akan semakin besar. Hal tersebut berlaku untuk zat dengan massa yang sama, seperti yang tampak pada gambar 5. Nanopartikel TiO_2 memiliki ukuran yang lebih kecil daripada TiO_2, sehingga nanopartikel TiO_2 memiliki total luas permukaan yang lebih besar dibandingkan TiO_2. 2. Jumlah *dye* yang diserap *Dye* merupakan salah satu komponen sel surya berbasis sensitasi	(Dengan massa zat yang sama) Semakin kecil ukuran partikel, Total Luas Permukaan (TLP) semakin besar  TLP = 6 x s^2 = 6 x $(2\ cm)^2$ = 6 x 4 cm^2 = 24 cm^2 TLP = 8 x 6 x s^2 = 8 x 6 x $(1\ cm)^2$ = 8 x 6 cm^2 = 48 cm^2

Tabel 4.9
Perbaikan Materi pada Tujuan Pembelajaran 3.8.2.1
(lanjutan)

Teks Keluaran	Piktorial Pendukung
pewarna yang menempel di semikonduktor, contohnya nanopartikel TiO_2. Jika nanopartikel TiO_2 memiliki total luas permukaan yang lebih besar, *dye* yang diserap akan semakin banyak. 3. Jumlah sinar matahari yang diserap *Dye* berfungsi menyerap sinar matahari. Jika jumlah *dye* yang diserap oleh nanopartikel TiO_2 semakin banyak, jumlah sinar matahari yang diserap akan semakin banyak. 4. Jumlah elektron yang mengalami eksitasi Elektron pada *dye* akan mengalami eksitasi (berpindah dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi). Jika *dye* yang diserap oleh nanopartikel TiO_2 semakin banyak, elektron yang tereksitasi akan semakin banyak. Selanjutnya, elektron yang tereksitasi akan mengalir di dalam sel dan menghasilkan listrik.	

Piktorial yang dipilih adalah ilustrasi hubungan ukuran partikel dengan total luas permukaannya dengan massa partikel yang sama yang termasuk ke dalam model. Model dianggap dapat membantu siswa untuk mudah memahami maksud teks (Glyn dalam Harrison & Treagust, 2000, hlm. 1015). Selain menggunakan model, cara perhitungan total luas permukaan diberikan secara jelas untuk meningkatkan keterpahaman siswa terhadap teks.

Perbaikan terkait materi semikonduktor yang disarankan validator adalah penambahan proses isolasi TiO_2 dari krim kecantikan, yang termasuk penerapan IPA di dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Kemdiknas (2011), penerapan tersebut merupakan materi minimal dalam buku pengayaan.

4.3.3 Temuan 3

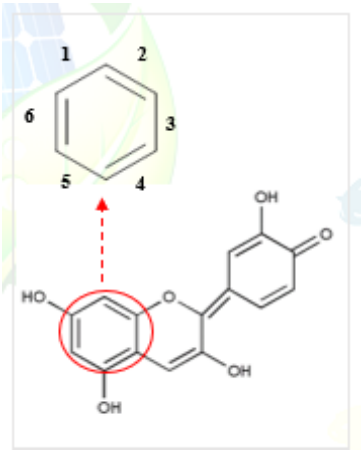
Tujuan pembelajaran "siswa dapat menjelaskan pengertian dari ikatan kovalen rangkap terkonjugasi dengan meninjau struktur *dye*" dinyatakan valid oleh

seluruh validator dengan saran untuk mengubah struktur klorofil menjadi karotena agar sesuai dengan kemampuan siswa SMA.

4.3.4 Temuan 4

Semua validator menyatakan valid pada teks keluaran dan piktorial pendukung pada tujuan pembelajaran "3.5.3.1 siswa dapat menjelaskan pengertian dari ikatan kovalen rangkap terkonjugasi dengan meninjau struktur dye". Namun, terdapat saran untuk menambahkan penegasan ikatan rangkap terkonjugasi yang dimaksud di dalam *dye*. Tujuannya adalah membantu siswa memahami teks dengan informasi yang jelas. Perbaikan yang dilakukan adalah meminta siswa untuk memperhatikan gambar ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin yang telah ditentukan posisi ikatan kovalen tunggal dan ikatan kovalen rangkap dua menggunakan angka. Selanjutnya, siswa diberitahu bahwa ikatan kovalen tunggal dan ikatan kovalen rangkap dua memiliki poisisi yang selag-seling dan dikenal dengan sebutan ikatan rangkap terkonjugasi. Siswa juga diminta menentukan ikatan rangkap terkonjugasi padas truktur *dye* di gambar lain. Perbaikan materi yang dilakukan pada tujuan pembelajaran 3.5.3.1 dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10
Perbaikan Materi pada Tujuan Pembelajaran 3.5.3.1

Teks Keluaran	Piktorial Pendukung
Perhatikan ikatan pada gambar 12. Nomor 1, 3, dan 5 merupakan ikatan kovalen tunggal, sedangkan nomor 2, 4, dan 6 merupakan ikatan kovalen rangkap dua. Pada stuktur tersebut ikatan rangkap dua memiliki posisi yang selang-seling dengan ikatan tunggal. Ikatan dengan posisi tersebut disebut dengan ikatan rangkap terkonjugasi. Coba amati keberadaan ikatan rangkap terkonjugasi pada gambar 9 dan 10, masing-masing memiliki ikatan rangkap terkonjugasi. Ikatan rangkap terkonjugasi inilah yang menjadi karakteristik dari *dye* pada DSSC.	 Gambar 12 Ikatan Kovalen Terkonjugasi

Penjelasan singkat yang disertai gambar merupakan upaya penyajian materi yang lugas sesuai kriteria buku pengayaan menurut Pusbuk (2008).

4.3.5 Temuan 5

Tujuan pembelajaran mengenai cairan ionik disarankan untuk dieksplor lebih dalam lagi sehingga tujuan pembelajaran diganti menjadi "3.8.1.1 siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan cairan ionik melalui gambar". Perubahan dilakukan agar materi buku pengayaan dapat memperkaya wawasan pembaca, bukan hanya hafalan, seperti yang diharapkan Depdiknas (2008).

Gambar pada tujuan pembelajaran ini merupakan model dari difusi ion dan pembentukan struktur *self assembly* pada elektrolit. Pemodelan dilakukan untuk memudahkan siswa dalam memahami difusi ion dan pembentukan struktur *self assembly*. Zhang, dkk. (2013) menunjukkan bahwa difusi ion merupakan susunan yang acak, sedangkan Yamanaka, dkk. (2002) menunjukkan bahwa struktur *self assembly* susunan yang teratur. Keteraturan posisi ion di dalam larutan elektrolit akan mempengaruhi kemudahan elektron bergerak, artinya mempengaruhi daya hantar listrik yang dihasilkan karena listrik merupakan aliran elektron.

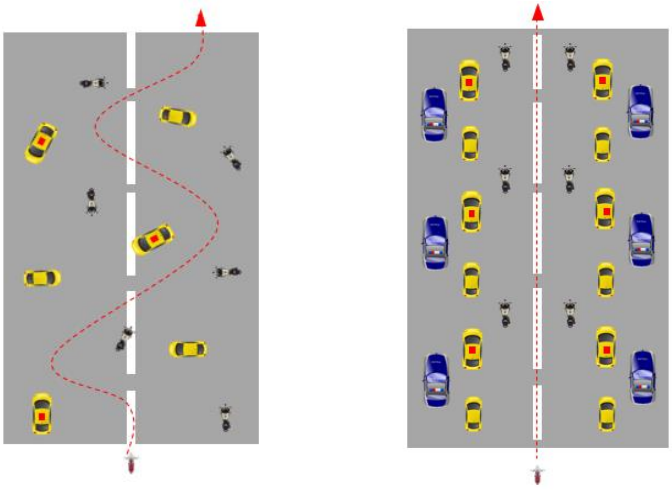
Pemodelan dilakukan dengan membandingkan analog (ilustrasi di dunia nyata) dengan target (dalam hal ini, difusi ion dan struktur *self assembly*). Tabel 4.11 menunjukkan perbandingan antara analog dan target dalam konsep efisiensi cairan ionik.

Tabel 4.11
Perbandingan Antara Analog dan Target pada Tujuan Pembelajaran 3.8.1.1

Target	Analog
Ion I^-	Mobil kuning
Ion I_3^-	Mobil kuning dengan tanda merah
Ion Im^+	Mobil polisi
Ion K^+	Motor gede
Elektron	Motor kecil
Aliran elektron di dalam larutan yang terdapat ion-ion yang berdifusi	Panah berliku
Aliran elektron pada struktur *self assembly*	Panah lurus

Gerakan ion-ion yang berdifusi di dalam larutan adalah acak, sedangkan gerakan elektron pada struktur *self assembly* adalah lurus. Gerakan acak pada difusi ion digambarkan dengan posisi kendaraan yang tidak beraturan, sedangkan struktur *self assembly* digambarkan dengan posisi teratur. Struktur ini terbentuk karena ada cairan ionik yang akan mengatur posisi ion lainnya sehingga kation cairan ionik

(ion Im^+) dianalogikan sebagai mobil polisi. Pemodelan kation cairan ionik dengan mobil polisi bertujuan agar anak mengetahui bahwa fungsi keduanya sama, yaitu mengatur. Cairan ionik mengatur posisi ion-ion di dalam larutan, sedangkan polisi mengatur lalu lintas. Konduktivitas larutan elektrolit yang menggunakan cairan ionik lebih besar dibandingkan larutan elektrolit yang tidak menggunakan cairan ionik karena elektron lebih mudah bergerak dengan terbentuknya struktur *self assembly*. Strukrur *self assembly* dan difusi ion yang terjadi disajikan pada gambar 4.2.



Pergerakan elektron pada KI dan I_2 dalam asetonitril (Jalan yang macet)

Pergerakan elektron pada KI, I_2, dan cairan ionik dalam asetonitril (Jalan yang tidak macet)

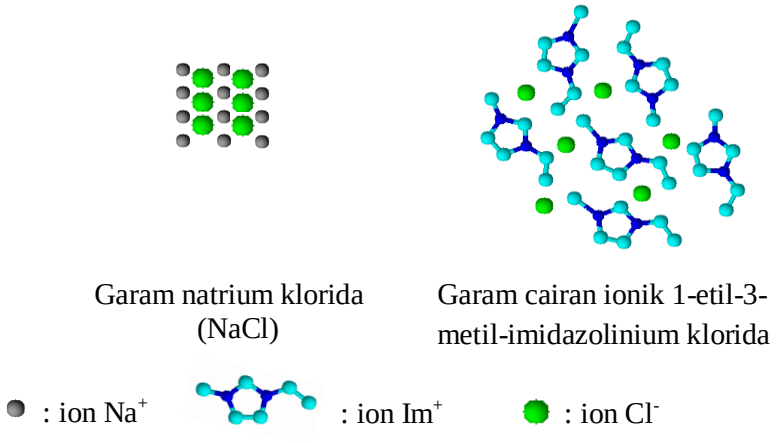
Gambar 4.2 Ilustrasi Pergerakan Ion di Dalam Dua Jenis Larutan Elektrolit

Gambar 4.2 disajikan untuk diamati, disimpulkan, dan dijelaskan oleh siswa. Jika siswa menggunakan model untuk menjelaskan fenomena, siswa telah berada pada tingkatan kedua dalam pemodelan menurut Schwarz, dkk. (2000). Siswa juga dilatih untuk memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi dan menggunakan model yang bersifat menjelaskan sebagai bagian dari kompetensi PISA 2015 (OECD, 2016a). Hubungan antara model dan kemampuan dalam PISA 2015 menunjukkan bahwa pemodelan adalah praktek inti di dalam sains dan bagian penting dari literasi sains sesuai penyataan Schwarz, dkk. (2000).

4.3.6 Temuan 6

Pada pembahasan cairan ionik, validator menyarankan untuk menambahkan penjelasan mengenai hal yang mendasari perbedaan cairan ionik dengan garam

pada umumnya berdasarkan pengaruh ukuran dan ketidaksimetrisan kation cairan ionik dibandingkan kation garam pada umumnya. Berdasarkan ilustrasi Lee, dkk. (dalam Hernani, Widhiyanti, & Sudrajat, 2017) yang terdapat pada gambar 2.6, pengaruh ukuran dan ketidaksimetrisan cairan ionik diilustrasikan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perbedaan natrium klorida dan 1-etil-3-metil-imidazaolinium klorida

Selanjutnya, gambar 4.3 dijelaskan dengan menghubungkan pengaruh ukuran dan ketidaksimetrisan kation cairan ionik dengan jarak antar ion, gaya elektrostatik, energi yang dibutuhkan untuk meleleh, dan titik leleh cairan ionik. Penjelasan ini digunakan sebagai materi pengetahuan epistemik dengan kemampuan terkait dasar pemikiran yang digunakan dalam sains, contohnya pemikiran berbasis model. (OECD, 2016a).

4.3.7 Temuan 7

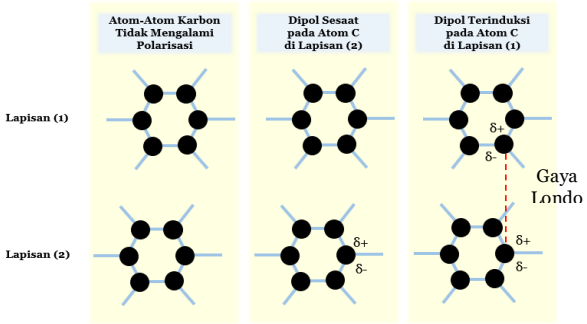
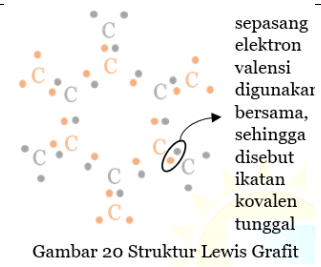
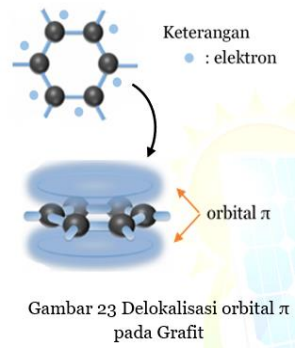
Validator menyarankan agar siswa dapat menjelaskan aliran elektron yang terjadi di dalam sel surya berbasis sensitasi pewarna karena pada kompetensi dasar tekait sel Volta terdapat tuntutan untuk menganalisis proses yang terjadi pada suatu sel Volta. Aliran elektron melibatkan materi yang kompleks bagi siswa SMA, sehingga materi dijelaskan secara rinci per tahap dan disimpulkan pada akhir subbab buku, seperti yang disajikan pada lampiran 5.

4.3.8 Temuan 8

Validator menyarankan untuk menambahkan gaya van der Waals, ikatan kovalen, dan orbital π yang ada pada grafit. Gaya van der Waals pada grafit merupakan gaya dipol sementara (gaya London), sedangkan ikatan kovalen pada grafit merupakan ikatan kovalen tunggal (CS Toh, 2016). Orbital π diminta

ditambahkan untuk menjelaskan kemampuan grafit sebagai konduktor yang baik sehingga dapat digunakan sebagai elektroda pembanding. Ketiga konten tersebut ditambahkan agar materi pada buku pengayaan yang dikembangkan dapat memperkaya wawasan pembaca sesuai ketentuan Depdiknas (2008), yaitu wawasan terkait pengetahuan konten yang menjadi salah satu pengetahuan pada PISA 2015. Materi terkait konten tambahan pada grafit disajikan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12
Materi Terkait Konten Tambahan pada Grafit

Konten	Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung
Gaya London	Gaya van der Waals yang terjadi di grafit adalah gaya London, yang disebut juga sebagai gaya dispersi, dipol sesaat, atau dipol sesaat-dipol terinduksi. Dipol (kutub) yang terbentuk hanya bersifat sementara (tidak permanen), sehingga disebut dipol sesaat, yang terjadi antara lapisan yang berbeda. 
Ikatan kovalen tunggal	 Gambar 20 Struktur Lewis Grafit Satu pasang karena masing-masing atom C menyumbangkan satu elektron valensi. Jika ikatan kovalen terjadi karena penggunaan bersama satu pasang elektron, ikatan itu disebut sebagai ikatan kovalen tunggal.
Orbital π	Gambar 22 Struktur Lewis Atom Karbon  Gambar 23 Delokalisasi orbital π pada Grafit

Tabel 4.12
Materi Terkait Konten Tambahan pada Grafit
(lanjutan)

Konten	Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung
Orbital π	Atom karbon memiliki 4 elektron valensi, seperti yang tampak pada gambar 22, dan 3 elektron valensi digunakan untuk berikatan kovalen. Lantas, kemana satu elektron valensi yang tidak berikatan kovalen? Apakah satu elektron valensi tersebut menghilang? Kumpulan elektron valensi yang tidak berikatan kovalen membentuk orbital π, seperti yang tampak pada gambar 23. Orbital π bersifat terdelokalisasi, berarti elektron-elektron pada orbital π dapat bergerak bebas *(mobile electron).* Adanya *mobile electron* pada grafit inilah yang membuat grafit menjadi konduktor yang baik dan dapat digunakan sebagai elektroda pembanding di DSSC.

4.4 Hasil Uji Keterpahaman Buku Pengayaan Konteks Sel Surya Berbasis Sensitasi Pewarna

Hasil uji keterpahaman diperoleh setelah melalui tahap konstruksi, validasi, dan pengujian instrumen uji keterpahaman. Berikut merupakan penjabaran setiap tahapan yang dilakukan.

4.4.1 Konstruksi instrumen uji keterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna

Instrumen uji keterpahaman digunakan untuk mengetahui tingkat keterpahaman siswa terhadap buku pengayaan yang dikembangkan dan potensi buku pengayaan yang dikembangkan untuk membangun literasi sains siswa SMA. Instrumen uji keterpahaman merupakan evaluasi terhadap kompetensi pembaca melalui penjelasan yang diberikan di dalam bacaan (Setiadi, 2014, hlm. 12).

Instrumen uji keterpahaman disusun dalam bentuk pilihan ganda sebagai salah satu bentuk pertanyaan untuk menilai pemahaman terhadap teks menurut (Best, dkk., 2005, hlm. 68). Skor yang diberikan pada setiap soal berbeda-beda. Skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah pada soal pengetahuan dan keterampilan. Aspek sikap memiliki skor 1-5 sehingga semua jawaban pada soal aspek sikap merupakan jawaban yang benar tetapi memiliki tingkat kebenaran yang berbeda. Contoh konstruksi instrumen uji keterpahaman disajikan pada tabel 4.13.

Tabel 4.13
Contoh Konstruksi Instrumen Uji Keterpahaman

Tujuan Pembelajaran Aspek Sikap (S), Pengetahuan (P), dan Keterampilan (K)	Butir Soal
Siswa dapat menunjukkan ketertarikan terhadap informasi sel surya berbasis sensitasi pewarna sebagai wujud kebesaran Tuhan YME melalui fenomena yang diberikan. (S)	1. Tuhan memberikan kita energi sekitar 3 x 10^{24} joule/tahun dari pancaran sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi, hampir 10^4 kali lebih banyak daripada kebutuhan energi dunia. Jumlah tersebut sangat menjanjikan untuk mengatasi permasalahan energi tak terbarukan. Ini merupakan wujud kebesaran Tuhan YME yang dimanfaatkan manusia untuk membuat sel surya berbasis sensitasi pewarna. Bagaimana pandangan Anda tentang pernyataan tersebut? a. Setuju, sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan bisa dibuat tanpa kebesaran Tuhan YME yang memberikan energi berlimpah dari matahari. (5) b. Setuju, Tuhan menunjukkan kebesarannya dengan memberikan energi berlimpah dari matahari tapi tanpa usaha manusia sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan ada. (4) c. Biasa saja, sel surya berbasis sensitasi pewarna bukan inovasi mutakhir yang dapat diperoleh dengan mudah oleh setiap orang. (3) d. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia walaupun berkaitan dengan kebesaran Tuhan YME. (2) e. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia bukan wujud kebesaran Tuhan YME. (1)
Siswa dapat mengidentifikasi reaksi redoks pada mekanisme kerja sel surya berbasis sensitasi perwarna dengan meninjau proses transfer elektron. (P)	11. Berikut ini merupakan reaksi-reaksi yang terjadi pada mekanisme kerja sel surya berbasis sensitasi pewarna. Reaksi pada anoda: $D + uv \rightarrow D^+ + e^- (TiO_2)$ Reaksi pada katoda: $I_3- + 2e^- \rightarrow 3I^-$ Reaksi total: $2D + I_3^- \rightarrow 2D^+ + 3I^-$

Tabel 4.13
Contoh Konstruksi Instrumen Uji Keterpahaman
(lanjutan)

Tujuan Pembelajaran Aspek Sikap (S), Pengetahuan (P), dan Keterampilan (K)	Butir Soal
	Konsep yang terkait dengan ketiga reaksi di atas adalah …. a. konsep sel volta berdasarkan peningkatan dan penurunan biloks b. konsep redoks berdasarkan peningkatan dan penurunan biloks c. konsep elektrokimia berdasarkan peningkatan dan penurunan biloks d. konsel sel volta berdasarkan pengikatan dan pelepasan elektron **e. konsep redoks berdasarkan pengikatan dan pelepasan elektron**
Siswa terampil menentukan alat yang digunakan pada pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana dengan meninjau langkah kerja. (K)	13. (1) Kaca FTO (4) Klip binder (7) Pensil (2) Pipet gondok (5) Plastik ziplock (8) Spatula (3) Multimeter (6) Labu erlenmeyer (9) Penjepit buaya Pilihlah alat-alat yang tidak digunakan pada pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sesuai dengan langkah kerja pada nomor 12 adalah …. a. (1), (3), (5) **b. (2), (6), (8)** c. (4), (6), (9) d. (5), (6), (7) e. (7), (8), (9)

4.4.2 Hasil validasi instrumen uji keterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna

Validasi instrumen uji keterpahaman dilakukan untuk mendapatkan saran perbaikan agar hasil uji keterpahaman mewakili keterpahaman siswa terhadap buku yang dikembangkan dan potensinya untuk membangun literasi sains siswa SMA. Terdapat dua kriteria yang digunakan pada validasi instrumen uji keterpahaman, yaitu kesesuaian butir soal uji keterpahaman dengan tujuan pembelajaran dan teks di dalam buku pengayaan. Hasil validasi yang dilakukan menunjukkan bahwa

instrumen uji keterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna valid dengan perbaikan terhadap setiap temuan, yang dijabarkan sebagai berikut.

4.4.2.1 Temuan 1

Tujuan pembelajaran "siswa menunjukkan ketertarikan terhadap informasi sel surya berbasis sensitasi pewarna sebagai wujud kebesaran Tuhan YME melalui fenomena yang diberikan" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah opsi B karena memiliki perbedaan yang kurang jelas dengan opsi A. Tujuan pembelajaran ini tergolong ke dalam aspek sikap sehingga setiap opsi harus memiliki tingkat kebenaran yang berbeda.

Opsi B menyatakan persetujuan siswa terhadap kebesaran Tuhan dalam memberikan energi yang berlimpah tetapi tanpa usaha manusia sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan ada dan memiliki nilai kebenaran yang tinggi karena tanpa usaha manusia sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan ada. Perbaikan pada temuan 1 disajikan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 1

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Tuhan memberikan kita energi sekitar 3 x 10^{24} joule/tahun dari pancaran sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi, hampir 10^4 kali lebih banyak daripada kebutuhan energi dunia. Jumlah tersebut sangat menjanjikan untuk mengatasi permasalahan energi tak terbarukan. Ini merupakan wujud kebesaran Tuhan YME yang dimanfaatkan manusia untuk membuat sel surya berbasis sensitasi pewarna. Bagaimana pandangan Anda tentang pernyataan tersebut? a. Setuju, sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan bisa dibuat tanpa kebesaran Tuhan YME yang memberikan energi berlimpah dari matahari. (5)	Tuhan memberikan kita energi sekitar 3 x 10^{24} joule/tahun dari pancaran sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi, hampir 10^4 kali lebih banyak daripada kebutuhan energi dunia. Jumlah tersebut sangat menjanjikan untuk mengatasi permasalahan energi yang tidak dapat diperbarui. Ini merupakan wujud kebesaran Tuhan YME yang dapat dimanfaatkan manusia untuk membuat sel surya berbasis sensitasi pewarna. Bagaimana pandangan kamu tentang pernyataan tersebut? A. Setuju, sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan bisa dibuat tanpa kebesaran Tuhan YME yang memberikan energi berlimpah dari matahari. (5)

Tabel 4.14
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 1
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
b. Setuju, Tuhan menunjukkan kebesarannya dengan memberikan energi berlimpah dari matahari tapi tanpa usaha manusia sel surya berbasis sensitasi pewarna tidak akan ada. (4) c. Biasa saja, sel surya berbasis sensitasi pewarna bukan inovasi mutakhir yang dapat diperoleh dengan mudah oleh setiap orang. (3) d. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia walaupun berkaitan dengan kebesaran Tuhan YME. (2) e. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia bukan wujud kebesaran Tuhan YME. (1)	B. Setuju, tapi manusia memiliki peran yang jauh lebih penting dibandingkan kebesaran Tuhan dalam pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna. (4) C. Biasa saja, sel surya berbasis sensitasi pewarna bukan inovasi mutakhir yang dapat diperoleh dengan mudah oleh setiap orang. (3) D. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia walaupun berkaitan dengan kebesaran Tuhan YME. (2) E. Tidak setuju, pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah hasil usaha manusia bukan wujud kebesaran Tuhan YME. (1)

4.4.2.2 Temuan 2

Tujuan pembelajaran "siswa menunjukkan sikap tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil dengan cara membuat perangkat sel surya berbasis sensitasi pewarna" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah soal untuk mendukung penggunaan perangkat sel surya berbasis sensitasi pewarna. Maka dari itu, tujuan pembelajaran diubah menjadi "siswa menunjukkan dukungan terhadap penggunaan perangkat sel surya berbasis sensitasi pewarna sebagai wujud sikap tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil". Perbaikan yang dilakukan berdasarkan temuan 2 disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 2

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Kebutuhan BBM semakin meningkat seiring dengan bertambahnya populasi penduduk. Namun, kita terlalu mengandalkan energi bahan bakar fosil, yang akan habis apabila	Beberapa orang di luar negeri telah menggunakan mobil berbasis sel surya sebagai solusi terhadap krisis bahan bakar fosil. Bagaimana pandangan kamu terhadap fenomena tersebut?

Tabel 4.15
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 2
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
digunakan secara terus menerus. Oleh sebab itu, kita membutuhkan energi alternatif yang terbarukan. Lalu, apa kontribusi yang akan Anda lakukan? a. Menggunakan energi yang ada dengan hemat. (4) b. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan BBM. (3) c. Membuat sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana. (5) d. Menyimpan banyak bahan bakar untuk persediaan pribadi. (2) e. Diam saja karena pemerintah akan menangani krisis bahan bakar fosil. (1)	A. Setuju, penggunaan mobil berbasis sel surya merupakan wujud tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil karena dapat mengurangi penggunaan BBM dengan memanfaatkan matahari. (5) B. Setuju, penggunaan mobil berbasis sel surya merupakan wujud tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil tapi belum bisa dikatakan sebagai solusi karena penggunanya masih sedikit. (4) C. Biasa saja, penggunaan mobil berbasis sel surya merupakan wujud sikap tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil tapi biaya yang harus dikeluarkan tidak terjangkau bagi semua kalangan. (3) D. Tidak setuju, penggunaan mobil berbasis sel surya bukan merupakan wujud tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil tetapi hanya sebagai wujud mengikuti perkembangan teknologi. (2) E. Tidak setuju, penggunaan mobil berbasis sel surya bukan merupakan wujud tanggung jawab terhadap krisis bahan bakar fosil karena penanganan krisis tersebut merupakan kewajiban pemerintah. (1)

4.4.2.3 Temuan 3

Tujuan pembelajaran “siswa menunjukkan perilaku kerja sama saat melakukan percobaan” dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah soal yang menuntut siswa mengajukan pilihan sikap dalam mencari dan mendiskusikan prosedur serta bekerja di dalam kelompok. Validator menilai bahwa

bekerja sesuai instruksi dari ketua kelompok dan bekerja sama agar pekerjaan cepat selesai memiliki tingkat kebenaran yang sama sehingga kedua opsi tersebut seharusnya memiliki skor yang sama pula. Perbaikan yang dilakukan berdasarkan temuan 3 disajikan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 3

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Pembelajaran kurikulum 2013 menuntut pembelajaran berpusat pada siswa. Salah satu upaya mewujudkannya adalah melalui percobaan. Percobaan dilakukan secara berkelompok. Apa yang akan Anda lakukan saat melakukan percobaan secara berkelompok? a. Bekerja sesuai instruksi dari ketua kelompok. (4) b. Bekerja sama agar pekerjaan cepat selesai. (5) c. Melakukan percobaan secara individu. (3) d. Diam saja karena anggota yang lain sudah bekerja. (1) e. Bekerja hanya dengan teman yang disukai di dalam kelompok. (2)	Pembelajaran kurikulum 2013 menuntut pembelajaran berpusat pada siswa. Salah satu upaya mewujudkannya adalah melalui percobaan. Percobaan dilakukan secara berkelompok. Siswa diminta membuat sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana secara berkelompok. Namun, prosedur pembuatannya tidak tertera di dalam A. tidak mencari prosedur, tapi ikut serta dalam diskusi kelompok mengenai prosedur, dan mengerjakannya secara individu (1) B. tidak mencari prosedur dan tidak ikut mendiskusikan prosedur dalam kelompok, tapi mengerjakannya secara berkelompok (2) C. mencari prosedur secara individu, tidak ikut berdiskusi di dalam kelompok, dan mengerjakannya secara berkelompok (3) D. tidak mencari prosedur, tapi ikut serta dalam diskusi kelompok mengenai prosedur, dan mengerjakannya secara berkelompok (4) E. mencari prosedur secara individu, mendiskusikannya di dalam kelompok, dan mengerjakannya secara berkelompok (5)

4.4.2.4 Temuan 4

Tujuan pembelajaran "siswa menunjukkan sikap peduli lingkungan saat melalukan percobaan" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah yang menuntut siswa mengajukan pemilihan pelarut yang aman bagi lingkungan karena soal sebelum perbaikan hanya memiliki satu jawabn benar pada opsi D. Padahal soal untuk aspek sikap dibuat dalam bentuk pilihan ganda dengan skor 1-5 sehingga semua opsi merupakan jawaban benar. Perbaikan yang dilakukan berdasarkan temuan 4 yang disajikan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 4

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Nia sedang melakukan percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna. Tanpa sengaja, ia menumpahkan aquades ke dalam satu gelas kimia yang terisi penuh cairan ionik. Nia seharusnya membuang limbah tersebut ke …. a. wastafel dengan mengalirkan sedikit air (4) b. saluran kamar mandi dan menyiramnya (3) c. tempat sampah begitu saja (1) d. wadah limbah cair di laboratorium (5) e. saluran air yang jauh dari lingkungan warga (2)	Pada percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna, terdapat dua jenis elektrolit yang dapat digunakan, yaitu KI dan I_2 dalam asetonitril serta KI dan I_2 dalam asetonitril dan cairan ionik. Namun kendalanya, asetonitril berancun walaupun ketersediaannya banyak. Sementara itu, cairan ionik tidak berbahaya bagi lingkungan tetapi ketersediannya sedikit. Kinerja sel surya berbasis sensitasi pewarna lebih baik apabila menggunakan cairan ionik di dalam campuran elektrolitnya. Elektrolit yang akan kamu pilih adalah elektrolit KI dan I_2 dengan …. A. cairan ionik dalam jumlah sedikit tanpa asetonitril, walaupun hasil yang diperoleh tidak maksimal tapi tidak akan mencemari lingkungan (5) B. cairan ionik dalam jumlah banyak tanpa asetonitril, agar diperoleh hasil yang maksimal dan dapat meminimalisasi pencemaran lingkungan (4) keduanya dengan jumlah cairan ionik yang lebih banyak, walaupun hasil yang diperoleh tidak maksimal tapi hanya sedikit

Tabel 4.17
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 4
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
	mencemari lingkungan (3) C. keduanya dengan jumlah asetronitril yang lebih banyak, walaupun hasil yang diperoleh tidak maksimal dan dapat mencemari lingkungan (2) D. asetonitril dalam jumlah banyak, agar diperoleh hasil yang maksimal tanpa memperdulikan dampak yang timbul terhadap lingkungan (1)

4.4.2.5 Temuan 5

Tujuan pembelajaran "siswa dapat menghubungkan penggunaan sel surya berbasis sensitasi perwarna dengan pemanasan global" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran sebagai berikut memperjelas maksud dari kata *mengurangi* dan menyesuaikan panjang opsi C dan D. Opsi C dan D pada butir soal sebelum perbaikan lebih pendek dari pada opsi A, B, dan C sehingga dapat dicurigai sebagai pengecoh. Menurut Firman (2013, hlm. 29), panjang masing-masing opsi hendaknya relatif sama sehingga tidak ada kecenderungan bahwa kunci selalu lebih panjang dari pengecoh-pengecohnya. Kekurangan lain pada soal ini adalah tidak ada kejelasan mengenai sikap yang dilakukan untuk mengurangi produksi gas CO_2. Perbaikan yang dilakukan berdasarkan temuan 5 yang disajikan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 5

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Menurut Anda, apakah ada hubungan antara sel surya berbasis sensitasi pewarna dengan pemanasan global? Bagaimana hubungannya? a. Ada, sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mencegah lapisan ozon agar tidak berlubang sehingga pemanasan global tidak terjadi. (3) b. Ada, sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mengurangi efek rumah kaca sehingga mencegah	Menurut Anda, apakah ada hubungan antara penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dengan pemanasan global? Bagaimana hubungannya? A. Ada, penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mencegah lapisan ozon agar tidak berlubang sehingga pemanasan global atau efek rumah kaca tidak terjadi. (3)

Tabel 4.18
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 5
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
terjadinya pemanasan global. (4) c. Ada, sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mengurangi produksi gas CO_2 yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. (5) d. Ada, tapi saya tidak tahu hubungan antara keduanya. (2) e. Tidak ada hubungan diantara keduanya. (1)	B. Ada, penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mengurangi pemanasan global atau efek rumah kaca sehingga mencegah terjadinya pemanasan global. (4) C. Ada, penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat mengurangi penggunaan BBM sehingga produksi gas CO_2, penyebab pemanasan global, dapat berkurang. (5) D. Ada, tapi saya tidak tahu hubungan antara penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dengan pemanasan global atau efek rumah kaca. (2) E. Tidak ada hubungan diantara penggunaan perangkat berbasis sel surya berbasis sensitasi pewarna dengan pemanasan global atau efek rumah kaca. (1)

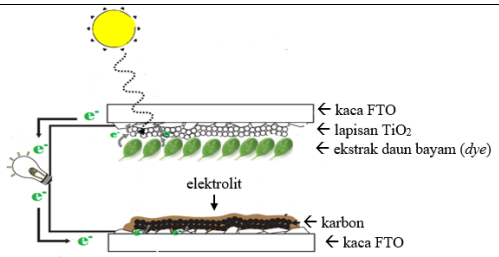
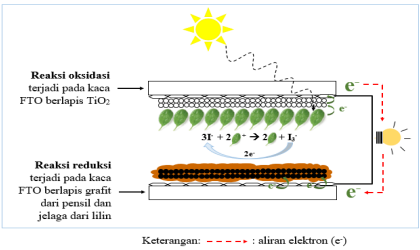
4.4.2.6 Temuan 6

Tujuan pembelajaran “siswa dapat menyimpulkan dari prinsip kerja sel surya berbasis sensitasi perwarna berdasarkan konsep sel Volta melalui gambar” dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah prinsip sel Volta, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik dan menyesuaikan gambar dengan perubahan pada teks.

Opsi diperbaiki untuk pengertian sel Volta karena sel Volta merupakan perubahan energi kimia menjadi energi listrik bukan energi matahari menjadi energi listrik. Validator pun menyarankan penambahan kata ‘melalui reaksi redoks’ karena mekanisme kerja sel surya berbasis sensitasi pewarna melibatkan reaksi redoks. Penambahan kata tersebut membuat kunci menjadi lebih panjang dibandingkan opsi lainnya. Oleh sebab itu, panjang opsi pengecoh harus disamakan dengan kunci.

Caranya adalah menambahkan kata-kata tersebut pada setiap opsi. Perbaikan yang dilakukan berdasarkan saran pada temuan 6 disajikan dalam tabel 4.19.

Tabel 4.19
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 6

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
 Berdasarkan ilustrasi di atas, bagaimana prinsip kerja dari sel surya berbasi sensitasi pewarna? **a. Sel volta, energi matahari diubah menjadi energi listrik.** b. Sel volta, aliran elektron sebagai sumber energi listrik. c. Sel elektrokimia, reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. d. Sel elektrolisis, energi matahari diubah menjadi energi listrik. e. Sel elektrolisis, aliran elektron sebagai sumber energi listrik.	 Berdasarkan ilustrasi di atas, prinsip kerja dari sel surya berbasis sensitasi pewarna yang tepat adalah …. **A. sel volta, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik** B. sel volta, aliran elektron sebagai sumber energi listrik melalui reaksi redoks C. sel elektrokimia, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik D. sel elektrolisis, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik E. sel elektrolisis, elektron sebagai sumber energi listrik melalui reaksi redoks

4.4.2.7 Temuan 7

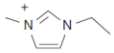
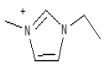
Butir soal pada tujuan pembelajaran "siswa dapat menjelaskan pengertian dari ikatan kovalen rangkap terkonjugasi dengan meninjau struktur *dye*" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah struktur klorofil menjadi karotena agar sesuai dengan teks di dalam buku pengayaan setelah perbaikan, yang dapat dilihat pada lampiran 3.5.

4.4.2.8 Temuan 8

Tujuan pembelajaran "siswa dapat menghubungkan gaya van der Waals dan titik leleh cairan ionik dengan meninjau pengaruh ukuran anion" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk memperjelas maksud dari kata

pengaruh dan mengubah gaya van der Waals menjadi gaya elektrostatik. Maka dari itu, tujuan pembelajaran diubah menjadi "siswa dapat menghubungkan pengaruh gaya elektrostatik terhadap titik leleh cairan ionik dengan menggunakan data pada tabel". Perbaikan butir soal berdasarkan saran pada temuan 8 disajikan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 8

<table>
<tr><th>Butir Soal
Sebelum Perbaikan</th><th>Butir Soal
Setelah Perbaikan</th></tr>
<tr><td>
Tabel pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium.
<table>
<tr><th colspan="2">Salt</th><th>Anion size</th><th>mp. [°C]</th></tr>
<tr><td rowspan="7">  </td><td>Cl^-</td><td rowspan="7">small
↕
large</td><td>87</td></tr>
<tr><td>NO_2^-</td><td>55</td></tr>
<tr><td>NO_3^-</td><td>38</td></tr>
<tr><td>$AlCl_4^-$</td><td>7</td></tr>
<tr><td>BF_4^-</td><td>6</td></tr>
<tr><td>$CF_3SO_2^-$</td><td>−9</td></tr>
<tr><td>CF_3COO^-</td><td>−14</td></tr>
</table>
Pernyataan yang paling tepat untuk menjelaskan pengaruh sesuai tabel di atas yaitu ….
a. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya van der waals antar molekul menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena banyak energi dibutuhkan untuk meleleh
b. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya van der waals antar molekul menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena sedikit energi dibutuhkan untuk meleleh
c. ukuran anion yang kecil membuat titik leleh semakin besar, sedangkan ukuran anion yang besar membuat titik leleh semakin rendah
d. ukuran anion yang besar membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya van der waals antar molekul menjadi lemah sehingga titik leleh rendah karena banyak energi dibutuhkan untuk meleleh
e. ukuran anion yang besar membuat
</td><td>
Tabel pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium.
<table>
<tr><th colspan="2">Garam</th><th>Ukuran Anion</th><th>Titik Leleh (°C)</th></tr>
<tr><td rowspan="7">  </td><td>Cl^-</td><td>Kecil</td><td>87</td></tr>
<tr><td>NO_2^-</td><td rowspan="5">↕</td><td>55</td></tr>
<tr><td>NO_3^-</td><td>38</td></tr>
<tr><td>$AlCl_4^-$</td><td>7</td></tr>
<tr><td>BF_4^-</td><td>6</td></tr>
<tr><td>$CF_3SO_2^-$</td><td>-9</td></tr>
<tr><td>CF_3COO^-</td><td>Besar</td><td>-14</td></tr>
</table>
Pernyataan yang paling tepat untuk menjelaskan pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium sesuai tabel di atas yaitu ….
A. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena banyak energi dibutuhkan untuk meleleh
B. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena sedikit energi dibutuhkan untuk meleleh
C. ukuran anion yang kecil membuat titik leleh semakin besar, sedangkan ukuran anion yang besar membuat titik leleh semakin rendah
D. ukuran anion yang besar membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi lemah sehingga titik leleh rendah karena banyak
</td></tr>
</table>

Tabel 4.20
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 8
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
jarak antar molekul semakin dekat dan gaya van der waals antar molekul menjadi lemah sehingga titik leleh tinggi karena sedikit energi dibutuhkan untuk meleleh	energi dibutuhkan untuk meleleh E. ukuran anion yang besar membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi lemah sehingga titik leleh tinggi karena sedikit energi dibutuhkan untuk meleleh

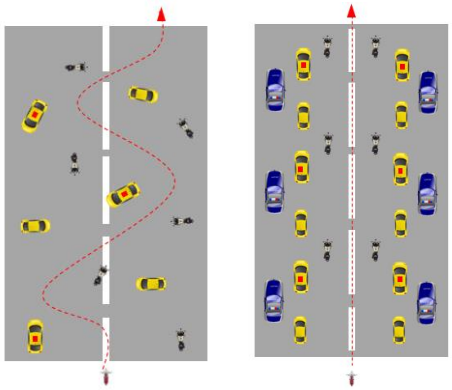
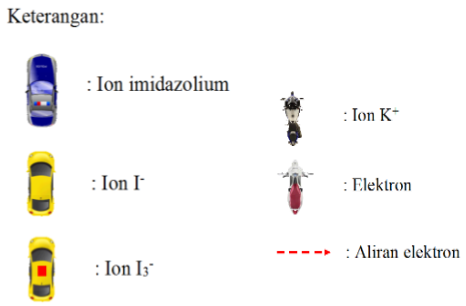
4.4.2.9 Temuan 9

Tujuan pembelajaran "siswa dapat menyatakan bahwa cairan ionik merupakan elektrolit terbaik pada sel surya berbasis sensitasi pewarna" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah soal sehingga mampu memfasilitasi siswa untuk dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi DSSC yang menggunakan cairan ionik. Maka dari itu, soal diubah sesuai tujuan pembelajaran hasil perbaikan, yaitu "siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan cairan ionik melalui gambar". Soal hasil perbaikan menggunakan model pada gambar 4.2 pada teks. Perbaikan butir soal berdasarkan saran pada temuan 9 disajikan pada tabel 4.21.

Tabel 4.21
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 9

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Cairan ionik dikatakan sebagai … terbaik untuk sel surya berbasis sensitasi pewarna karena …. a. *dye*, bersifat toksik dan karsiogenik b. katoda,stabil pada suhu yang rendah c. elektrolit, stabil pada suhu yang rendah d. substrat, merupakan elektrolit nonvolatil e. **elektrolit, sifatnya tidak mudah menguap**	Sel surya berbasis sensitasi pewarna dapat menggunakan dua jenis elektrolit, yaitu KI dan I_2 dalam asetonitril atau KI, I_2, dan cairan ionik dalam asetonitril. Setelah dilakukan pengujian, voltase meningkat dengan adanya cairan ionik. Artinya, KI, I_2, dan cairan ionik dalam asetonitril merupakan elektrolit yang lebih baik pada sel surya berbasis sensitasi pewarna. Besarnya voltase yang dihasilkan tergantung pada kebebasan elektron bergerak. Gambar di bawah ini mengilustrasikan pergerakan

Tabel 4.21
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 9
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
	elektron pada kedua jenis elektrolit tersebut.  Pergerakan elektron pada KI dan I_2 dalam asetonitril Pergerakan elektron pada KI, I_2, dan cairan ionik dalam asetonitril  Berdasarkan gambar di atas, KI, I_2, dan cairan ionik dalam asetonitril dapat menghasilkan voltase yang lebih besar dan menjadi elektrolit yang lebih baik pada sel surya berbasis sensitasi pewarna karena …. **A. elektron dapat mudah bergerak akibat terbentuknya struktur *self assembly* karena ada spesi cairan ionik dalam larutan elektrolit** B. elektron dapat mudah mudah bergerak akibat terbentuknya

Tabel 4.21
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 9
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
	struktur *self assembly* karena terbentuk ion I_3^- (ion triiodida) C. elektron dapat mudah bergerak walaupun harus membentuk jalur zig-zag untuk melalui ion-ion yang berdifusi di dalam larutan D. elektron menjadi sulit bergerak walaupun harus membentuk jalur zig-zag untuk melalui ion-ion yang berdifusi di dalam larutan E. elektron menjadi sulit bergerak akibat terbentuknya struktur *self assembly* karena ion-ion yang berdifusi di dalam larutan

4.4.2.10 Temuan 10

Tujuan pembelajaran "siswa dapat menyatakan bahwa TiO_2 merupakan semikonduktor terbaik pada sel surya berbasis sensitasi pewarna" memperoleh nilai valid dari seluruh validator dengan saran untuk mengubah soal sehing memfasilitasi siswa untuk dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi DSSC yang menggunakan semikonduktor nanopartikel TiO_2. Maka dari itu, tujuan pembelajaran ini diubah menjadi "siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor nanopartikel TiO_2". Perbaikan butir soal berdasarkan saran pada temuan 10 disajikan pada tabel 4.22.

Tabel 4.22
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 10

<table>
<tr><th>Butir Soal
Sebelum Perbaikan</th><th>Butir Soal
Setelah Perbaikan</th></tr>
<tr><td>TiO_2 dikatakan sebagai … terbaik untuk sel surya berbasis sensitasi pewarna karena ….
a. isolator, menyerap banyak cahaya
b. semikonduktor, efisiensinya paling tinggi
c. semikonduktor, harganya yang murah
d. konduktor, harganya yang murah</td><td>Tabel di bawah ini merupakan data efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor TiO_2 dan nanopartikel TiO_2.
<table>
<tr><th>Zat</th><th>Efisiensi (%)</th></tr>
<tr><td>TiO_2</td><td>0,39</td></tr>
<tr><td>Nanopartikel TiO_2</td><td>4,60</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Tabel 4.22
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 10
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
e. konduktor, ramah terhadap lingkungan	Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa nanopartiel TiO_2 merupakan semikonduktor yang lebih baik untuk sel surya berbasis sensitasi pewarna karena memiliki nilai efisiensi paling besar. Perhatikan nilai efisiensi TiO_2 dan nanopartikel TiO_2. Faktor yang ***tidak*** menyebabkan nilai efisiensi nanopartikel TiO_2 menjadi jauh lebih besar daripada TiO_2 adalah …. A. total luas permukaan nanopartikel TiO_2 lebih besar daripada total luas permukaan TiO_2 B. nanopartikel TiO_2 menyerap *dye* dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan TiO_2 C. nanopartikel TiO_2 menyerap lebih banyak *dye* sehingga foton yang diserap semakin banyak D. **nanopartikel TiO_2 menghasilkan daya hantar listrik yang lebih kecil dibandingkan TiO_2** E. jumlah elektron yang meningkat karena nanopartikel TiO_2 menyerap lebih banyak *dye*

4.4.2.11 Temuan 11

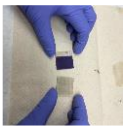
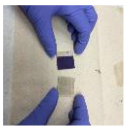
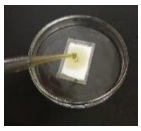
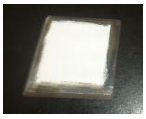
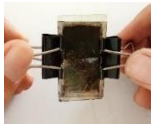
Tujuan pembelajaran "siswa dapat mengidentifikasi reaksi redoks pada mekanisme kerja sel surya berbasis sensitasi perwarna dengan meninjau proses transfer elektron" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk memperbaiki reaksi sehingga sesuai dengan teks di dalam buku pengayaan setelah perbaikan, yang dapat dilihat pada lampiran 3.5.

4.4.2.12 Temuan 12

Tujuan pembelajaran "siswa terampil merancang sel Volta berupa sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana melalui analisis gambar" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk menggunakan langkah kerja dan gambar yang dilakukan saat optimasi. Tujuan pembelajaran ini menyangkut materi

terkait kegiatan percobaan sederhana di dalam buku yang dikembangkan. Menurut Kemdiknas (2011), kegiatan percobaan sederhana dapat membuat IPA menjadi ilmu pengetahuan yang menyenangkan. Perbaikan berdasarkan saran pada temuan 12 disajikan pada tabel 4.23.

Tabel 4.23
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 12

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Urutkanlah langkah kerja pada percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna berdasarkan gambar di bawah ini. (1) Menguji voltase sel surya berbasis sensitasi pewarna (2) Membuat katoda (Kaca FTO dilapisi dengan pensil) (3) Membuat anoda (Kaca FTO yang sudah dilapisi TiO_2 dimasuk-kan ke ekstrak bayam)  (4) Menyiap-kan katoda dan anoda yang akan disatukan (5) Meneteskan cairan ionik cis oleil imidazoliniu m iodida (6) Menyiap-kan kaca FTO yang telah dilapisi TiO_2 (7) Menyatu-kan katoda dan anoda menjadi struktur *sandwich* dengan klip binder  (8) Mengering-kan kaca FTO berlapis TiO_2 dan ekstrak bayam	Urutkanlah langkah kerja pada percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna berdasarkan gambar di bawah ini. (1) Menguji voltase sel surya berbasis sensitasi pewarna (2) Melapisi kaca FTO mengguna-kan grafit dengan pensil.  (3) Meneteskan ekstrak daun bayam ke kaca FTO yang sudah dilapisi TiO_2 (4) Melapisi kaca FTO mengguna-kan jelaga dari lilin (5) Meneteskan larutan elektrolit  (6) Menyiapkan kaca FTO yang telah dilapisi TiO_2  (7) Menyatukan katoda dan anoda menjadi struktur *sandwich* dengan klip binder (8) Pemanasan kaca FTO berlapis TiO_2 dan ekstrak bayam

Tabel 4.23
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 12
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
a. (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8) b. (2), (6), (3), (8), (4), (7), (5), (1) c. (2), (4), (1), (7), (6), (3), (8), (5) **d. (6), (3), (8), (2), (4), (7), (5), (1)** **e.** (8), (2), (6), (5), (7), (4), (1), (3)	A. (2), (6), (3), (4), (8), (7), (5), (1) B. (2), (6), (3), (8), (7), (4), (5), (1) C. (2), (4), (1), (7), (6), (3), (8), (5) **D. (6), (3), (8), (2), (4), (7), (5), (1)** E. (6), (8), (3), (2), (4), (5), (7), (1)

4.4.2.13 Temuan 13

Tujuan pembelajaran "siswa terampil menentukan alat yang digunakan pada pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana dengan meninjau langkah kerja" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mempertegas keberadaan kata *tidak* pada stem. Menurut Firman (2013), kata negatif (tidak, bukan, kecuali) harus digaris bawahi atau ditulis dengan huruf besar atau huruf miring agar terlihat jelas. Perbaikan berdasarkan saran pada temuan 13 disajikan pada tabel 4.24.

Tabel 4.24
Perbaikan Butir Soal Berdasarkan Saran pada Temuan 13

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
(1) Kaca FTO (5) Plastik ziplock (2) Pipet gondok (6) Labu erlenmeyer (3) Multimeter (7) Pensil (4) Klip binder (8) Spatula (9) Penjepit buaya Pilihlah alat-alat yang tidak digunakan pada pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sesuai dengan langkah kerja pada nomor 12 adalah …. a. (1), (3), (5) **b. (2), (6), (8)** c. (4), (6), (9) d. (5), (6), (7) e. (7), (8), (9)	(1) Kaca FTO (5) Pipet tetes (2) Pipet gondok (6) Labu erlenmeyer (3) Multimeter (7) Pensil (4) Klip binder (8) Spatula (9) Penjepit buaya Pilihlah alat-alat yang ***tidak*** digunakan pada pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sesuai dengan langkah kerja pada nomor 20 adalah …. A. (1), (3), (5) B. **(2), (6), (8)** C. (4), (6), (9) D. (5), (6), (7) E. (7), (8), (9)

4.4.2.14 Temuan 14

Tujuan pembelajaran "siswa dapat mengidentifikasi alternatif *dye* alami pada sel surya berbasis sensitasi pewarna" dinyatakan valid oleh seluruh validator dengan saran untuk mengubah struktur klorofil menjadi karotena agar sesuai dengan teks di dalam buku pengayaan setelah perbaikan, yang dapat dilihat pada lampiran 3.5.

4.4.2.15 Temuan 15

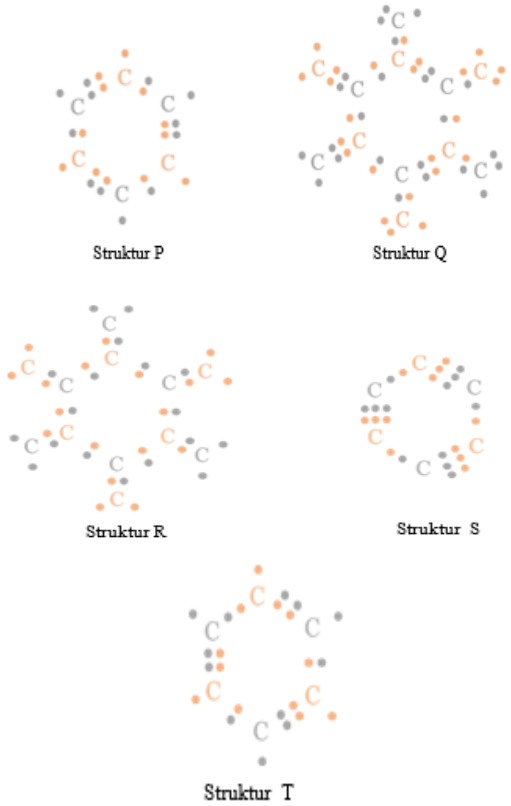
Berdasarkan validasi teks keluaran dan piktorial pendukung, validator menyarankan untuk menambahkan konten ikatan kovalen dan gaya London pada grafit, pengetahuan epistemik, dan pengetahuan prosedural. Oleh sebab itu, terdapat tambahan tujuan pembelajaran dan butir soal uji keterpahaman. Bentuk soal yang digunakan untuk pengetahuan konten dan prosedural adalah bentuk pilihan ganda, sedangkan bentuk soal yang digunakan untuk pengetahuan epistemik adalah bentuk uraian terbatas.

Menurut Ferguson dkk. (2013), penilaian pemahaman epistemik dapat menggunakan uraian terbatas sehingga partisipan dapat menjawab berdasarkan pemikiran mereka yang dibangun saat membaca teks. Pengetahuan epistemik yang dipilih adalah penjelasan dasar pemikiran ilmuwan dalam menciptakan cairan ionik, sedangkan pengetahuan prosedural yang dipilih berkaitan dengan penentuan variabel-variabel dalam pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna dan penyajian data hasil percobaan. Tabel 4.25 menyajikan beberapa butir soal tambahan berdasarkan saran pada temuan 15. Selengkapnya, soal tambahan dapat dilihat pada lampiran 3.5.

Tabel 4.25
Beberapa Butir Soal Tambahan Berdasarkan Saran pada Temuan 15

Tujuan Pembelajaran	Butir Soal
Siswa dapat menjelaskan pemikiran yang mendasari penemuan cairan ionik. (P)	Pada umumnya, garam berwujud padat dan memiliki titik leleh yang tinggi, seperti natrium klorida dengan titik leleh 801°C. Namun, seorang ilmuwan telah menemukan garam berwujud cair dengan titik leleh yang rendah, yang dikenal sebagai cairan ionik (*ionic liquids).* Salah satu contoh cairan ionik adalah 1-etil-3-metil-imidazolium klorida dengan titik leleh 87°C. Jelaskan pemikiran yang mendasari penemuan cairan ionik menurut pendapatmu.

Tabel 4.25
Beberapa Butir Soal Tambahan Berdasarkan Saran pada Temuan 15
(lanjutan)

Tujuan Pembelajaran	Butir Soal
Siswa dapat menggambarkan struktur Lewis pembentukan ikatan kovalen antar atom karbon pada grafit melalui peninjauan jumlah elektron valensi atom karbon yang digunakan untuk berikatan dengan atom karbon lainnya. (P)	Tinjaulah jumlah elektron valensi yang digunakan atom karbon untuk berikatan dengan atom karbon lainnya pada struktur di bawah ini.  Struktur lewis yang menunjukkan pembentukan ikatan kovalen di grafit adalah …. A. struktur P B. struktur Q **C. struktur R** D. struktur S E. struktur T
Siswa terampil menentukan variabel bebas dalam percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi	Beberapa kelompok siswa akan melakukan percobaan pengaruh penggunaan cairan ionik terhadap kinerja sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana. Variabel yang terlibat, yaitu: (1) intensitas sinar matahari (2) jumlah padatan KI dan I_2 (3) voltase yang dihasilkan (4) jenis elektroda pembanding (5) jumlah pelarut asetonitril

Tabel 4.25
Beberapa Butir Soal Tambahan Berdasarkan Saran pada Temuan 15
(lanjutan)

Tujuan Pembelajaran	Butir Soal
sensitasi pewarna sederhana melalui teks yang disajikan. (K)	(6) ada tidaknya cairan ionik (7) senyawa *dye (*pewarna) (8) senyawa semikonduktor Variabel bebas pada percobaan di atas adalah variabel …. A. (2) B. (4) C. (5) **D. (6)** E. (8)

Instrumen uji keterpahaman hasil perbaikan berdasarkan saran validator digunakan untuk uji keterpahaman tahap 1.

4.4.3 Hasil uji keterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna tahap 1

Hasil uji keterpahaman tahap 1 menunjukkan bahwa teks memiliki tingkat keterpahaman sedang dan tinggi sehingga revisi dilakukan untuk meningkatkan keterpahaman siswa terhadap teks. Selanjutnya, pengujian ulang dilakukan terhadap buku dan butir soal yang telah direvisi. Siklus pada penelitian ini sama dengan siklus uji pengembangan menurut Thiagarajan, dkk (1974) yang meliputi pengujian, revisi, dan pengujian ulang. Revisi dilakukan terhadap soal yang memiliki kategori keterpahaman instruksional atau sedang karena siswa diharapkan dapat memahami teks tanpa bantuan guru/instruktur (kategori mandiri). Revisi juga dilakukan terhadap pada soal dengan keterpahaman tinggi dengan rata-rata persentase keterpahaman 59-81% agar keterpahaman siswa meningkat. Pengkategorian keterpahaman yang digunakan pada penelitian ini merupakan kategori keterpahaman teks menurut Rankin & Culhane (1969) yang disajikan pada tabel 3.1. Berikut merupakan penjabaran hasil uji keterpahaman tahap 1.

4.4.3.1 Temuan 1

Hasil uji keterpahaman tahap 1 (lampiran 4) menunjukkan keterpahaman yang tinggi pada seluruh aspek dengan rata-rata persentase keterpahaman aspek sikap sebesar 96%, aspek pengetahuan sebesar 82%, dan aspek keterampilan sebesar 76%. Aspek keterampilan memperoleh rata-rata persentase keterpahaman

yang paling kecil. Berdasarkan rincian rata-rata persentase keterpahaman pada lampiran 4.1, siswa belum mampu menentukan penyajian data yang tepat untuk suatu hasil percobaan. Aspek sikap memperoleh rata-rata persentase keterpahaman yang paling besar, artinya buku pengayaan yang dikembangan mampu membangun sikap siswa untuk menunjukkan sikap spiritual dan sosial yang telah dirumuskan. Rata-rata persentase keterpahaman aspek pengetahuan menunjukkan bahwa buku pengayaan yang dikembangkan mampu membangun pengetahuan konten dan epistemik siswa dengan baik.

4.4.3.2 Temuan 2

Walaupun setiap aspek memiliki keterpahaman yang tinggi, masih terdapat beberapa teks pada tujuan pembelajaran tertentu yang berada pada kategori instruksional. Revisi dilakukan terhadap teks dan soal untuk tujuan pembelajaran tersebut agar keterpahamannya menjadi tinggi. Berikut merupakan revisi yang dilakukan.

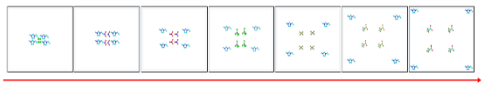
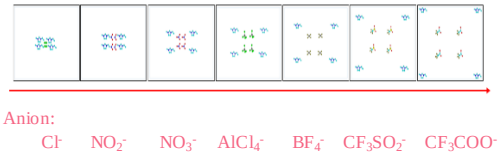
a. Tujuan pembelajaran mengenai gaya elektrostatik

Rumusan tujuan pembelajaran konten mengenai gaya elektrostatik adalah "siswa dapat menghubungkan pengaruh gaya elektrostatik terhadap titik leleh cairan ionik berdasarkan tabel". Tujuan pembelajaran ini memiliki rata-rata persentase keterpahaman sebesar 53% (kategori instruksional), artinya siswa masih membutuhkan guru/instruktur untuk memahami teks pada buku. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, tingkat keterpahaman yang sedang disebabkan oleh penjelasan dalam teks yang tidak lugas padahal materi buku pengayaan harus disajikan secara lugas (Pusbuk, 2008). Oleh sebab itu, penyajian konten gaya elektrostatik disederhanakan dengan seperti yang disajikan pada tabel 4.26.

Tabel 4.26
Perbaikan Konten Gaya Elektrostatik Berdasarkan Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1

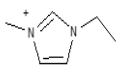
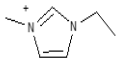
Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung Setelah Perbaikan
Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar ukuran anion, maka titik leleh cairan ionik semakin rendah. Kecenderungan tersebut dipengaruhi oleh gaya elektrostatik antara kation dan anion pada cairan ionik. Ukuran anion yang besar membuat jarak antar	Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar ukuran anion, maka titik leleh cairan ionik semakin rendah. Mari perhatikan ilustrasi pengaruh ukuran anion terhadap jarak antara kation dan anion yang ditunjukkan oleh gambar 16.

Tabel 4.26
Perbaikan Konten Gaya Elektrostatik Berdasarkan Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1 (lanjutan)

<table>
<tr><th>Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung Sebelum Perbaikan</th><th>Teks Keluaran dan Piktorial Pendukung Setelah Perbaikan</th></tr>
<tr><td>molekul cairan ionik semakin jauh, sehingga gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin lemah. Akibatnya, titik leleh menjadi rendah karena energi dibutuhkan untuk meleleh lebih sedikit. Ilustrasi pengaruh ukuran anion terhadap jarak antara anion dan kation ditunjukkan oleh gambar 16.
 
➢ Ukuran anion semakin besar
➢ Jarak antara kation dan anion semakin jauh
➢ Gaya elektrostatik antara kation dan anion semakin lemah
➢ Energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil
➢ Titik leleh semakin rendah
Gambar 16 Ilustrasi Pengaruh Ukuran Anion terhadap Jarak Antara Kation dan Anion</td><td> 
Anion:
Cl^- NO_2^- NO_3^- $AlCl_4^-$ BF_4^- $CF_3SO_2^-$ CF_3COO^-
➢ Ukuran anion semakin besar
➢ Jarak antara kation dan anion semakin jauh
➢ Gaya elektrostatik antara kation dan anion semakin lemah
➢ Energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil
➢ Titik leleh semakin rendah
Gambar 16 Ilustrasi Pengaruh Ukuran Anion terhadap Jarak Antara Kation dan Anion</td></tr>
</table>

Perubahan pada teks membuat opsi pada butir soal uji keterpahaman pun harus diubah, seperti yang disajikan pada tabel 4.27.

Tabel 4.27
Perbaikan Butir Soal Konten Gaya Elektrostatik Berdasarkan Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1

<table>
<tr><th>Butir Soal Sebelum Perbaikan</th><th>Butir Soal Setelah Perbaikan</th></tr>
<tr><td>Tabel pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium.
<table>
<tr><th colspan="2">Garam</th><th>Ukuran Anion</th><th>Titik Leleh (°C)</th></tr>
<tr><td rowspan="7">  </td><td>Cl^-</td><td>Kecil</td><td>87</td></tr>
<tr><td>NO_2^-</td><td rowspan="6">↕</td><td>55</td></tr>
<tr><td>NO_3^-</td><td>38</td></tr>
<tr><td>$AlCl_4^-$</td><td>7</td></tr>
<tr><td>BF_4^-</td><td>6</td></tr>
<tr><td>$CF_3SO_2^-$</td><td>-9</td></tr>
<tr><td>CF_3COO^-</td><td>Besar</td><td>-14</td></tr>
</table></td><td>Tabel pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium.
<table>
<tr><th colspan="2">Garam</th><th>Ukuran Anion</th><th>Titik Leleh (°C)</th></tr>
<tr><td rowspan="7">  </td><td>Cl^-</td><td>Kecil</td><td>87</td></tr>
<tr><td>NO_2^-</td><td rowspan="6">↕</td><td>55</td></tr>
<tr><td>NO_3^-</td><td>38</td></tr>
<tr><td>$AlCl_4^-$</td><td>7</td></tr>
<tr><td>BF_4^-</td><td>6</td></tr>
<tr><td>$CF_3SO_2^-$</td><td>-9</td></tr>
<tr><td>CF_3COO^-</td><td>Besar</td><td>-14</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Tabel 4.27
Perbaikan Butir Soal Konten Gaya Elektrostatik Berdasarkan
Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
Pernyataan yang paling tepat untuk menjelaskan pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium sesuai tabel di atas yaitu …. **A. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena banyak energi dibutuhkan untuk meleleh** B. ukuran anion yang kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi kuat sehingga titik leleh tinggi karena sedikit energi dibutuhkan untuk meleleh C. ukuran anion yang kecil membuat titik leleh semakin besar, sedangkan ukuran anion yang besar membuat titik leleh semakin rendah D. ukuran anion yang besar membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi lemah sehingga titik leleh rendah karena banyak energi dibutuhkan untuk meleleh E. ukuran anion yang besar membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi lemah sehingga titik leleh tinggi	Pernyataan yang paling tepat untuk menjelaskan pengaruh ukuran anion pada titik leleh cairan ionik imidazolium sesuai tabel di atas yaitu …. A. ukuran anion yang semakin kecil membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin lemah sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil dan titik leleh semakin rendah **B. ukuran anion yang semakin besar membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin lemah sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil dan titik leleh semakin rendah** C. ukuran anion yang semakin kecil membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin lemah sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil dan titik leleh semakin tinggi D. ukuran anion yang semakin besar membuat jarak antar molekul semakin jauh dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin lemah sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin kecil dan titik leleh semakin tinggi E. ukuran anion yang semakin kecil membuat jarak antar molekul semakin dekat dan gaya elektrostatik antara kation dan anion menjadi semakin kuat

Tabel 4.27
Perbaikan Butir Soal Konten Gaya Elektrostatik Berdasarkan
Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
	sehingga energi yang dibutuhkan untuk meleleh semakin besar dan titik leleh semakin rendah

b. Tujuan pembelajaran mengenai penyajian data

Rumusan tujuan pembelajaran mengenai penyajian data adalah siswa terampil menentukan penyajian data hasil percobaan pengaruh penggunaan cairan ionik terhadap efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang paling tepat. Tujuan pembelajaran ini memiliki rata-rata persentase keterpahaman sebesar 57% (kategori instruksional), artinya siswa masih membutuhkan guru/instruktur untuk memahami teks pada buku.

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, tingkat keterpahaman sedang disebabkan oleh tidak adanya penjelasan mengenai kriteria penyajian data yang baik. Penjelasan tersebut dapat menuntun siswa untuk memahami teks sehingga siswa tidak membutuhkan guru/instruktur untuk memahami teks. Dengan kata lain, siswa dapat mencapai keterpahaman yang tinggi (kategori mandiri). Oleh sebab itu, teks diperbaiki sesuai data yang disajikan pada tabel 4.28.

Tabel 4.28
Perbaikan Teks Keluaran Mengenai Penyajian Data Berdasarkan Hasil Uji
Keterpahaman Tahap 1

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
Pengamatan Catatlah perbandingan daya hantar listrik kedua *sandwich* penghasil listrik sesuai pengamatan yang kamu lakukan dalam bentuk tabel/grafik/*chart.*	**Pengamatan** Catatlah daya hantar listrik yang dihasilkan oleh kedua *sandwich* penghasil listrik sesuai pengamatan yang kamu lakukan. **Penyajian data yang melibatkan angka dapat dikatakan baik apabila menyertakan angka secara gamblang/jelas dan memudahkan pembaca dalam* menyimpulkan.

4.4.3.3 Temuan 3

Beberapa teks dan butir soal pada tujuan pembelajaran dengan ketercapaian keterpahaman yang tinggi juga diperbaiki untuk meningkatkan keterpahaman siswa dengan cara memperbaiki teks atau soal. Tujuan pembelajaran yang dimaksud, meliputi tujuan pembelajaran mengenai semikonduktor, pengetahuan epistemik, gaya London, sel Volta, variabel terikat dan kontrol.

a. **Tujuan pembelajaran mengenai semikonduktor**

Rata-rata persentase keterpahaman untuk tujuan pembelajaran mengenai semikonduktor "siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor nanopartikel TiO_2" adalah 70%. Walaupun tingkat keterpahaman tergolong tinggi tetapi angka tersebut tidak telalu tinggi, yang dapat disebabkan oleh soal yang kurang baik karena menggunakan kata *tidak* sehingga 30% siswa lainnya menjadi bingung dalam memahami soal (bukan dalam memahami teks). Oleh sebab itu, kata *tidak* pada butir soal dihilangkan sehingga stem dan opsi juga diubah. Tabel 4.29 menyajikan perbaikan butir soal mengenai semikonduktor.

Tabel 4.29
Perbaikan Butir Soal Mengenai Semikonduktor

<table>
<tr><th>Butir Soal
Sebelum Perbaikan</th><th>Butir Soal
Setelah Perbaikan</th></tr>
<tr><td>Tabel di bawah ini merupakan data efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor TiO_2 dan nanopartikel TiO_2.
<table>
<tr><th>Zat</th><th>Efisiensi (%)</th></tr>
<tr><td>TiO_2</td><td>0,39</td></tr>
<tr><td>Nanopartikel TiO_2</td><td>4,60</td></tr>
</table>
Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa nanopartiel TiO_2 merupakan semikonduktor yang lebih baik untuk sel surya berbasis sensitasi pewarna karena memiliki nilai efisiensi paling besar. Perhatikan nilai efisiensi TiO_2 dan nanopartikel TiO_2. Faktor yang ***tidak*** menyebabkan nilai efisiensi</td>
<td>Tabel di bawah ini merupakan data efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor TiO_2 dan nanopartikel TiO_2.
<table>
<tr><th>Zat</th><th>Efisiensi (%)</th></tr>
<tr><td>TiO_2</td><td>0,39</td></tr>
<tr><td>Nanopartikel TiO_2</td><td>4,60</td></tr>
</table>
Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa nanopartiel TiO_2 merupakan semikonduktor yang lebih baik untuk sel surya berbasis sensitasi pewarna karena memiliki nilai efisiensi paling besar. Perhatikan nilai efisiensi TiO_2 dan nanopartikel TiO_2. Nilai efisiensi nanopartikel TiO_2 jauh lebih besar daripada TiO_2 karena nanopartikel TiO_2 ….</td></tr>
</table>

Tabel 4.29
Perbaikan Butir Soal Mengenai Semikonduktor
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
nanopartikel TiO_2 menjadi jauh lebih besar daripada TiO_2 adalah …. A. total luas permukaan nanopartikel TiO_2 lebih besar daripada total luas permukaan TiO_2 B. nanopartikel TiO_2 menyerap *dye* dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan TiO_2 C. nanopartikel TiO_2 menyerap lebih banyak *dye* sehingga foton yang diserap semakin banyak D. **nanopartikel TiO_2 menghasilkan daya hantar yang lebih kecil dibandingkan TiO_2** E. jumlah elektron yang meningkat karena nanopartikel TiO_2 menyerap lebih banyak *dye*	A. menyerap *dye* dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan TiO_2 B. menyerap sinar matahari (foton) yang lebih sedikit dibandingkan TiO_2 C. menghasilkan daya hantar listrik yang lebih kecil dibandingkan TiO_2 **D. memiliki total luas permukaan yang lebih besar dibandingkan TiO_2** E. membuat elektron yang tereksitasi lebih sedikit dibandingkan TiO_2

b. Tujuan pembelajaran pengetahuan epistemik

Rata-rata persentase keterpahaman untuk tujuan pembelajaran pengetahuan epistemik "siswa dapat menjelaskan pemikiran yang mendasari penemuan cairan ionik" adalah 79%. Walaupun tingkat keterpahaman tergolong tinggi tetapi angka tersebut tidak cukup tinggi, masih berada pada angka 70-an. Hal tersebut dapat disebabkan oleh penekanan yang kurang tepat pada teks mengenai dasar pemikiran penemuan cairan ionik. Oleh sebab itu, teks diperbaiki seperti yang disajikan pada tabel 4.30.

Tabel 4.30
Perbaikan Teks Mengenai Pengetahuan Epistemik

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
Ukuran ion 1-etil-3-metil-imidazolium lebih besar daripada ion Na^+ dan tidak simetris. Jika ukuran kation lebih besar dan tidak simetris, jarak antara kation dan anion semakin jauh. Jarak kation dan anion yang semakin jauh membuat gaya elektrostatik antara kation dan anion semakin lemah. Oleh sebab itu,	Ukuran kation cairan ionik lebih besar daripada ukuran kation garam pada umumnya dan tidak simetris. Jika ukuran kation lebih besar dan tidak simetris, jarak antara kation dan anion semakin jauh. Jarak kation dan anion yang semakin jauh membuat gaya elektrostatik antara kation dan anion

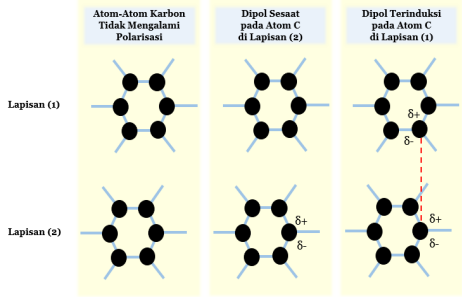
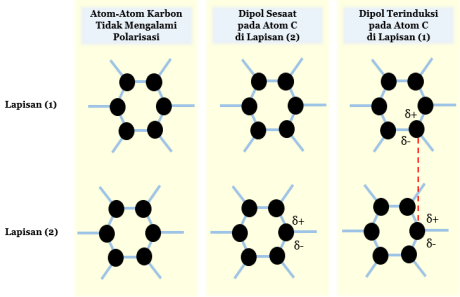
Tabel 4.30
Perbaikan Teks Mengenai Pengetahuan Epistemik
(lanjutan)

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
energi yang dibutuhkan untuk meleleh akan semakin rendah dan titik leleh garam akan semakin rendah. Hal ini yang menyebabkan garam natrium klorida berwujud padat dengan titik leleh 801°C dan garam cairan ionik 1-etil-3-metil-imidazolinium klorida berwujud cair dengan titik leleh 87°C. *Penjelasan di atas merupakan dasar pemikiran dari penemuan cairan ionik.*	semakin lemah. Oleh sebab itu, energi yang dibutuhkan untuk meleleh akan semakin rendah dan titik leleh garam akan semakin rendah. *Penjelasan ini merupakan dasar pemikiran dari cairan ionik.* Faktanya dapat dilihat pada garam natrium klorida yang berwujud padat dengan titik leleh 801°C dan garam cairan ionik 1-etil-3-metil-imidazolinium klorida yang berwujud cair dengan titik leleh 87°C.

c. Tujuan pembelajaran mengenai gaya London

Rata-rata persentase keterpahaman untuk tujuan pembelajaran mengenai gaya London "siswa dapat menjelaskan gaya London yang terjadi di antara lapisan grafit berdasarkan gambar" adalah 77%. Walaupun tingkat keterpahaman tergolong tinggi tetapi masih berada pada angka 70-an. Hal tersebut dapat disebabkan oleh opsi yang tidak berhubungan dengan gambar. Opsi pada butir soal sebelum perbaikan berhubungan dengan penjelasan pada teks bukan berdasarkan gambar seperti yang diminta pada soal. Kemungkinan penyebab lainnya adalah kurangnya kemampuan siswa untuk memahami soal yang menggunakan kata *tidak*. Oleh sebab itu, butir soal diperbaiki seperti yang disajikan pada tabel 4.31.

Tabel 4.31
Perbaikan Butir Soal Mengenai Gaya London

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
 Pernyataan yang ***tidak*** sesuai mengenai gaya London yang terjadi pada grafit berdasarkan gambar di atas adalah ….	 Pernyataan yang benar mengenai gaya London yang terjadi pada grafit berdasarkan gambar di atas adalah ….

Tabel 4.31
Perbaikan Butir Soal Mengenai Gaya London
(lanjutan)

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
A. elektron dapat bergerak hanya ke sisi tertentu, sehingga terbentuk momen dipol negatif B. sisi yang hanya terdiri dari proton akan membentuk momen dipol positif pada atom karbon **C. dipol yang terbentuk pada atom-atom kabon di grafit bersifat permanen (tidak sesaat)** D. setelah lapisan 2 mengalami dipol sesaat, maka akan terjadi dipol terinduksi pada lapisan 1 E. gaya London antara atom kabon di lapisan yang berbeda terjadi karena terjadi dipol sesaat	A. momen dipol negatif akan berinteraksi dengan momen dipol negatif B. momen dipol positif akan berinteraksi dengan momen dipol positif **C. gaya London terjadi antara atom karbon pada lapisan yang berbeda** D. gaya London terjadi antara atom karbon pada lapisan yang sama E. momen dipol yang ada pada grafit tidak akan saling berinteraksi

d. Tujuan pembelajaran mengenai sel Volta

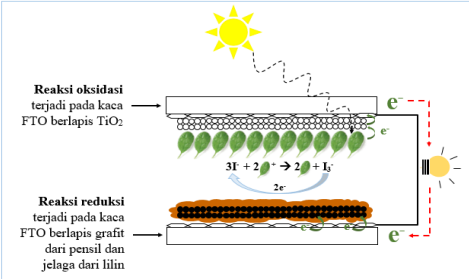
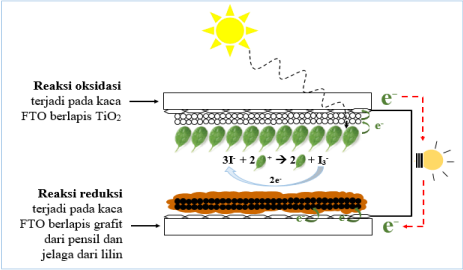
Rata-rata persentase keterpahaman untuk tujuan pembelajaran "siswa dapat menyimpulkan hubungan prinsip kerja sel surya berbasis sensitasi perwarna dengan konsep sel Volta melalui gambar" adalah 70%. Walaupun tingkat keterpahaman tergolong tinggi tetapi angka tersebut masih berada pada angka 70. Hal tersebut dapat disebabkan oleh penjelasan yang berbeda pada teks dengan opsi pada butir soal. Teks menyatakan bahwa sel Volta adalah energi matahari diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks padahal penjelasan yang benar adalah energi kimia bukan energi matahari. Oleh sebab itu, teks diperbaiki seperti yang disajikan pada tabel 4.32.

Tabel 4.32
Perbaikan Teks Keluaran Mengenai Sel Volta

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
Prinsip sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah sel Volta, energi matahari diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks di bawah ini.	Prinsip sel surya berbasis sensitasi pewarna adalah sel Volta, energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks di bawah ini.

Perubahan pada teks menuntut perubahan pada butir soal, seperti yang disajikan pada tabel 4.33.

Tabel 4.33
Perbaikan Butir Soal Uji Mengenai Sel Volta

Butir Soal Sebelum Perbaikan	Butir Soal Setelah Perbaikan
 Keterangan: - - - - - : aliran elektron (e^-) Berdasarkan ilustrasi di atas, prinsip kerja dari sel surya berbasis sensitasi pewarna yang tepat adalah …. **A. sel volta, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik** B. sel volta, aliran elektron sebagai sumber energi listrik melalui reaksi redoks C. sel elektrokimia, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik D. sel elektrolisis, energi kimia melalui reaksi redoks diubah menjadi energi listrik E. sel elektrolisis, elektron sebagai sumber energi listrik melalui reaksi redoks	 Keterangan: - - - - - : aliran elektron (e^-) Berdasarkan ilustrasi di atas, prinsip kerja dari sel surya berbasis sensitasi pewarna yang tepat adalah …. **A. sel Volta, energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks** B. sel Volta, aliran elektron diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks C. sel elektrokimia, energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks D. sel elektrolisis, energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks E. sel elektrolisis, aliran elektron diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks

e. Tujuan pembelajaran mengenai variabel terikat dan kontrol

Rata-rata persentase keterpahaman untuk variabel terikat adalah 67%, sedangkan untuk variabel kontrol adalah 70%. Walaupun tingkat keterpahaman tergolong tinggi tetapi angka tersebut masih berada pada angka 60-an. Hal tersebut dapat disebabkan oleh penjelasan yang tidak lugas mengenai perbedaan variabel tersebut. Oleh sebab itu, teks diperbaiki dengan memperikan penjelasan tambahan dan pewarnaan pada teks, seperti yang disajikan pada tabel 4.34.

Tabel 4.34
Perbaikan Teks Keluaran Mengenai Variabel

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
Ada beberapa jenis variabel, yaitu sebagai berikut:	Ada beberapa jenis variabel, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.34
Perbaikan Teks Keluaran Mengenai Variabel
(lanjutan)

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
1. Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat. Variabel berbas merupakan hal yang dibuat berbeda dalam suatu percobaan. 2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. 3. Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat tetap. Contoh. "Percobaan pengaruh jumlah lem fox PVAC terhadap tekstur *slime*?" Variabel : (1) volume lem fox (2) tekstur *slime* (3) volume dan jenis obat tetes mata (4) volume dan jenis soda kue (5) volume dan jenis *baby oil* (6) volume dan jenis sabun cair (7) volume dan jenis pewarna makanan (8) volume dan jenis air bersih Jenis variabel yang terlibat: ▪ Variabel bebas: volume lem fox ▪ Variabel terikat: tekstur *slime* ▪ Variabel kontrol: volume dan jenis obat tetes mata, soda kue, *baby oil*, sabun cair, pewarna makanan, dan air bersih	1. Variabel bebas adalah variabel yang sengaja dibuat berbeda dan dapat mempengaruhi variabel terikat. 2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. 3. Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama (tetap). Contoh. "Bagaimana pengaruh jumlah lem fox PVAC terhadap tekstur *slime*?" Variabel: (1) volume lem fox (2) tekstur *slime* (3) volume dan jenis obat tetes mata (4) volume dan jenis soda kue (5) volume dan jenis *baby oil* (6) volume dan jenis sabun cair (7) volume dan jenis pewarna makanan (8) volume dan jenis air bersih Jenis variabel yang terlibat: ▪ Variabel bebas: volume lem fox → volume lem fox yang berbeda dapat mempengaruhi tekstur *slime* ▪ Variabel terikat: tekstur *slime* → tekstur *slime* dipengaruhi volume lem fox yang berbeda ▪ Variabel kontrol : volume dan jenis obat tetes mata, soda kue, *baby oil*, sabun cair, air bersih, dan pewarna makanan.

4.4.4 Hasil uji keterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna tahap 2

Instrumen uji dan teks yang digunakan untuk uji keterpahaman tahap 2 merupakan perbaikan dari hasil uji keterpahaman tahap 1. Uji keterpahaman tahap 2 dilakukan pada partisipan yang berbeda agar data yang dihasilkan tidak bias. Jika partisapan uji keterpahaman tahap 1 dan 2 sama, peningkatan keterpahaman dapat disebabkan oleh intensitas membaca siswa (bukan disebabkan oleh perbaikan yang

dilakukan terhadap teks dan instrumen uji keterpahaman). Berikut ini merupakan temuan dan pembahasan dari uji kterpahaman buku pengayaan konteks sel surya berbasis sensitasi pewarna tahap 2.

4.4.4.1 Temuan 1

Keterpahaman terhadap tujuan pembelajaran pada kategori instruksional meningkat menjadi kategori mandiri, artinya siswa dapat memahami teks tanpa bantuan guru/instruktur. Keterpahaman terhadap materi gaya elektrostatik meningkat dari 53% menjadi 93%, yang menunjukkan bahwa perbaikan teks dan instrumen uji berdasarkan hasil uji keterpahaman tahap 1 bekerja secara efektif. Namun, perbaikan dilakukan terhadap teks mengenai penyajian data hasil percobaan hanya mengalami peningkatan yang kecil dari 57% menjadi 67% dan keterpahamannya belum terlalu tinggi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh perbaikan yang belum bekerja secara efektif sehingga perbaikan dilakukan kembali seperti yang disajikan pada tabel 4.35.

Tabel 4.35
Perbaikan Teks Keluaran Mengenai Penyajian Data Berdasarkan Hasil Uji Keterpahaman Tahap 2

Teks Keluaran Sebelum Perbaikan	Teks Keluaran Setelah Perbaikan
Pengamatan Catatlah perbandingan daya hantar listrik kedua *sandwich* penghasil listrik sesuai pengamatan yang kamu lakukan dalam bentuk tabel/grafik/*chart.* **Penyajian data yang melibatkan angka dapat dikatakan baik apabila menyertakan angka secara gamblang/jelas dan memudahkan pembaca dalam* menyimpulkan.	**Pengamatan** Catatlah daya hantar listrik yang dihasilkan oleh kedua *sandwich* penghasil listrik sesuai pengamatan yang kamu lakukan. **Tuliskan voltase yang dihasilkan secara rinci dalam penyajian data yang sederhana dan mudah disimpulkan..*

Hasil uji keterpahaman pada kemampuan menyajikan data percobaan menunjukkan bahwa siswa belum tahu bahwa garis pada grafik yang datanya tidak berhubungan harus disajikan dengan garis putus-putus, setiap sumbu harus diberi keterangan, dan label data sebaiknya ditulis, serta belum mengerti cara membuat digram lingkaran.

4.4.4.2 Temuan 2

Terdapat peningkatan keterpahaman terhadap teks yang memiliki tingkat keterpahaman tinggi dan diperbaiki berdasarkan hasil uji keterpahaman tahap 1, seperti data yang disajikan pada tabel 4.36. Maka dari itu, kita dapat menyimpulkan bahwa perbaikan yang dilakukan efektif untuk meningkatkan keterpahaman siswa.

Tabel 4.36
Peningkatan Rata-Rata Keterpahaman pada Tujuan Pembelajaran Kategori Mandiri yang Diperbaiki Berdasarkan Hasil Uji Keterpahaman Tahap 1

Tujuan Pembelajaran	Rata-Rata Persentase Keterpahaman pada	
	Tahap 1 (%)	Tahap 2 (%)
Siswa dapat menjelaskan penyebab tingginya efisiensi sel surya berbasis sensitasi pewarna yang menggunakan semikonduktor nanopartikel TiO_2.	70	97
Siswa dapat menjelaskan gaya London yang terjadi di antara lapisan grafit berdasarkan gambar.	77	83
Siswa dapat menyimpulkan hubungan prinsip kerja sel surya berbasis sensitasi perwarna dengan konsep sel Volta melalui gambar.	70	97
Siswa terampil menentukan variabel terikat dalam percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana berdasarkan teks yang disajikan.	67	77
Siswa terampil menentukan variabel kontrol dalam percobaan pembuatan sel surya berbasis sensitasi pewarna sederhana berdasarkan teks yang disajikan.	70	77

Peningkatan rata-rata persentase keterpahaman tidak terjadi pada tujuan pembelajaran terkait pengetahuan epistemik. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan tidak dapat meningkatkan keterpahaman siswa terhadap dasar pemikiran penemuan cairan ionik atau sulitnya membangun pengetahuan epistemik pada diri siswa.

4.4.4.3 Temuan 3

Terdapat penurunan dan peningkatan keterpahaman terhadap teks dan soal yang tidak diperbaiki. Penurunan rata-rata persentase keterpahaman terjadi pada tujuan pembelajaran mengenai struktur lewis grafit dari 93% menjadi 90% dan kerja sama dari 100% menjadi 99%. Penurunan ini terjadi karena perbedaan ketelitian siswa dan sikap sosial yang ada pada diri siswa. Selain itu, keterpahaman

terhadap pengertian ikatan rangkap terkonjugasi meningkat dari 87% menjadi 100%, dukungan terhadap penggunaan perangkat sel surya berbasi sensitasi pewarna meningkat dari 95% menjadi 98%, hubungan penggunaan sel surya berbasis sensitasi pewarna terhadap pemanasan global meningkat dari 95% menjadi 97%, penentuan variabel bebas meningkat dari 80% menjadi 90%, pemilihan pelarut untuk sikap peduli lingkungan meningkat dari 91% menjadi 93%, dan penentuan alat yang digunakan dalam percobaan meningkat dari 90% menjadi 100%. Peningkatan ini terjadi karena perbedaan ketelitian siswa dalam menjawab soal, sikap sosial yang ada pada diri siswa, dan perbaikan terkait materi variabel terikat dan kontrol. Tujuan pembelajaran lainnya tidak mengalami perubahan rata-rata persentase keterpahaman.

4.4.4.4 Temuan 4

Rata-rata persentase keterpahaman aspek sikap meningkat dari 96% menjadi 97%, aspek pengetahuan meningkat dari 82% menjadi 93%, dan aspek keterampilan meningkat dari 76% menjadi 83%. Berdasarkan data tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa secara keseluruhan perbaikan terhadap teks dan instrumen uji bekerja secara efektif sesuai yang diharapkan pada tahap uji pengembangan (Thiagarajan, dkk, 1974, hlm. 8). Keterpahaman yang tinggi pada setiap aspek di dalam buku pengayaan menunjukkan bahwa buku pengayaan yang dikembangkan dapat dipahami siswa tanpa bantuan guru/instruktur. Hasil uji keterpahaman menunjukkan ketercapaian tujuan pembelajaran yang melibatkan aspek literasi sains PISA 2015 sehingga hasil uji keterpahaman dapat menunjukan potensi buku yang dikembangkan untuk membangun literasi sains siswa SMA.