

MENJADIKAN STEM MEMUNGKINKAN DI TINGKAT SMA: STUDI REDUKSI-DIDAKTIK KONTEKS *ORGANIC-LED* UNTUK PEMBELAJARAN KIMIA SEKOLAH

Indah Rizki Anugrah^{*1}, Ahmad Mudzakir², Omay Sumarna³

¹Jurusan Tadris IPA-Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon

^{2,3}Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

e-mail: ^{*1}indahanugrah@syekhnurjati.ac.id, ²zakir66@upi.edu

ABSTRAK

Penguasaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) saat ini menjadi kunci penting dalam menghadapi tantangan di masa depan. Pendekatan STEM merupakan salah satu tren pendidikan saat ini yang dapat menjembatani penguasaan IPTEK bagi generasi muda. Namun tentunya, pendekatan ini membawa konsekuensi, yakni perlunya memodifikasi kurikulum konvensional menjadi kurikulum berbasis konteks. Studi ini berfokus pada proses reduksi didaktik konteks OLED pada mata pelajaran Kimia SMA. OLED dipilih karena merepresentasikan integrasi sains, teknologi, teknik dan matematika, merupakan tema penelitian yang kekinian, bersifat terbarukan dan dekat dengan keseharian siswa. Studi ini menggunakan model MER untuk merekonstruksi struktur konten saintifik OLED menjadi struktur konten yang memungkinkan untuk pembelajaran di tingkat SMA melalui proses reduksi didaktik. Hasil studi ini mengungkapkan empat cara reduksi didaktik topik OLED yaitu kembali ke tahap kualitatif; pengabaian; penggunaan penjelasan berupa gambar; dan penggunaan tingkat perkembangan sejarah. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi konten kurikulum berbasis konteks untuk diterapkan dalam pendidikan berbasis STEM.

Kata kunci: STEM, kimia, Organic-LED, reduksi didaktik

ABSTRACT

Nowadays, the mastery of science and technology is an important key for facing global challenges in the future. STEM approach is one of the current educational trends that are able to bridge this issue. However, this approach brings consequence, which is the need to modify the conventional curriculum into a context-based curriculum. This study focused on the process of didactic reduction of the OLED context for high school chemistry. OLED was chosen because it represents the integration between science, technology, engineering and mathematics. This study used Model of Educational Reconstruction (MER) to reconstruct the scientific content structure of OLED including its definition, components, characteristics and working principle into an appropriate content structure for high school instruction. The result of this study shows four ways of didactic reduction of OLED context, i.e. return to qualitative step, neglection, the use of image descriptions and the use of historical developmental levels. The result of the study is expected to be one of the curriculum contents referencethat can be used in STEM-based high school instruction.

Keywords: STEM, chemistry, Organic-LED, didactical reduction

PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan sumber daya alam dan manusia, seharusnya memainkan peranan besar dalam industri global di era teknologi dan informasi ini. Penguasaan akan industri global ini tentu menjadi salah satu faktor penunjang kesejahteraan bangsa. Namun berdasarkan studi, tidak memadainya pendidikan, terutama di bidang matematika dan sains, mengakibatkan kurangnya tenaga kerja yang berkualitas di bidang industri global (Cooney dan Bottoms, 2003). Hasil studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) yang dilakukan *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) menemukan raih siswa usia 15 tahun dalam matematika dan sains dikuasai oleh negara-negara yang termasuk ke dalam level atas seperti Cina, Singapura, Taiwan, Korea, Finlandia dan Swiss (Marginson, et. al, 2013). Sebaliknya, raih siswa dari negara berkembang rata-rata berada di bawah negara-negara maju. Hal ini menunjukkan adanya relasi berbanding lurus antara penguasaan pendidikan (terutama matematika dan sains) dengan tingkat perekonomian negara.

Menurut Carnevale, et. al (2011), meningkatnya jumlah pekerjaan di sektor ekonomi, sains dan teknik saat ini menyebabkan munculnya kebutuhan akan sumber daya manusia dengan latar belakang pendidikan STEM. Pendidikan STEM adalah pendekatan yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik dan matematika ke dalam kurikulum dan proses pembelajarannya (Roberts, 2012). Pengintegrasian tersebut dapat dicapai dengan cara menghapus segala batasan diantara mata pelajaran tersebut dan membayangkan mengajarkannya sebagai suatu kesatuan (Morrison, 2006). Tren pendidikan STEM sendiri telah dikembangkan sejak beberapa dekade terakhir dan diterapkan di berbagai negara seperti Finlandia, Amerika, Australia, Vietnam, Tiongkok dan Malaysia sekitar 10 tahun terakhir (Winarni, Zubaidah & Koes H, 2016). Di Jerman, kurikulum

pendidikan bertransformasi serupa melalui pendekatan berbasis konteks (Marks, et. al, 2014).

Prinsip pendidikan STEM adalah: 1) dilaksanakan secara terintegrasi sehingga siswa belajar untuk mengaplikasikan prinsip sains, teknologi, teknik dan matematika untuk secara kreatif memecahkan masalah yang belum pernah mereka temui, 2) berbasis inkuiri, menuntut siswa bekerja sama untuk memecahkan masalah menggunakan teknik bertanya dan menjawab yang tergabung dalam sebuah penelitian, 3) STEM menggabungkan *teamwork* dan pembelajaran dalam rangka menumbuhkan *soft skill* yang dibutuhkan dalam bisnis dan industri dan 4) menarik, siswa menikmati proses diskusi dan partisipasi memecahkan masalah secara bermakna (Roberts, 2012). Dipaparkan oleh Anggraini dan Huzairah (2017) pendekatan STEM dapat menciptakan peserta didik yang mampu menyelesaikan masalah yang terjadi di kehidupan abad 21. Di beberapa studi lain, dilaporkan bahwa pembelajaran sains yang terintegrasi ini memberikan dampak positif terhadap kemampuan dan pemahaman siswa (Listyawati, 2012; Dewi, et. al, 2013).

Tren pendidikan STEM sendiri sebenarnya sejalan dengan tuntutan pendidikan nasional saat ini. Guru masa kini harus “melek teknologi” dan senantiasa dapat meningkatkan dan memperbarui pengetahuan di bidang keahliannya sehingga dapat memotivasi peserta didik untuk terus berinovasi (Kemendikbud, 2017). Namun, kendala penerapan pendidikan STEM di Indonesia adalah hanya mata pelajaran matematika dan sains yang terdapat dalam struktur kurikulum pendidikan, sementara mata pelajaran spesifik teknologi dan teknik tidak termasuk ke dalamnya. Mengubah struktur kurikulum yang sedang berjalan tentu bukanlah opsi terbaik. Menurut Firman (2015), pola integrasi yang paling memungkinkan dilakukan tanpa merestrukturisasi struktur kurikulum di jenjang sekolah menengah adalah dengan pendekatan STEM tertanam. Dalam pola

ini, domain pengetahuan diperoleh melalui penekanan pada situasi dunia nyata dan teknik pemecahan masalah dalam konteks sosial, budaya dan fungsional (Chen dalam Asmuniv, 2015). Pola ini biasanya digunakan untuk memperkuat pelajaran yang bermanfaat untuk siswa melalui pemahaman dan penerapan (Suhery, 2017).

Studi ini merupakan proyek pilot pembuatan pembelajaran berbasis konteks. Studi ini berfokus pada rekonstruksi konteks atau topik OLED yang dapat disisipkan dalam pembelajaran Kimia SMA untuk merangsang kemampuan STEM siswa. Konteks OLED dipilih karena merupakan tema penelitian yang kekinian, bersifat terbarukan dan dekat dengan keseharian siswa. Rekonstruksi dilakukan melalui proses reduksi didaktik sehingga memungkinkan untuk disampaikan di jenjang sekolah menengah atas. Melalui proses rekonstruksi ini diharapkan pembelajaran Kimia di jenjang SMA tidak lagi hanya berfokus pada konten, melainkan membuka wawasan terhadap konteks perkembangan teknologi yang sedang berkembang. Dengan demikian ilmu yang didapatkan siswa dapat dimanfaatkan langsung dalam kehidupannya sehari-hari.

METODE

Desain penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah menggunakan *Model of Educational Reconstruction* (MER) yang dikembangkan oleh Duit et. al (2012). Model ini biasa digunakan untuk merekonstruksi ilmu yang relatif baru atau konteks inovatif dalam sains, yang belum ada dalam kurikulum sekolah. Menurut Grillenberger, Przybylla & Romeike (2016), untuk mengangkat konteks inovatif tidak cukup dengan mereduksi tingkat kompleksitas dan kesulitan. Namun perlu pengujian terhadap konteks tersebut yang dapat dilakukan dengan MER. Beberapa studi menggunakan model ini pada topik perubahan iklim (Niebert & Gropengiesser, 2013); prinsip daya lihat (Gropengiesser, 1997); divisi sel (Riemeier & Gropengiesser, 2008); dan evolusi (Zabel & Gropengiesser, 2011). MER berpijak

pada dua aspek, yaitu aspek disiplin suatu konten saintifik dan aspek pendidikannya (Niebert & Gropengiesser, 2013). Menurut model ini, struktur konten sains tidak selamanya sesuai untuk digunakan secara langsung menjadi konten pembelajaran. Gagasan kunci rekonstruksi pendidikan adalah melalui transformasi struktur konten saintifik menjadi struktur konten yang sesuai untuk pembelajaran (Duit, et. al, 2012).

Untuk merancang struktur konten sains menjadi struktur konten pembelajaran dilakukan dua proses yaitu proses elementarisasi dan proses rekonstruksi. Proses elementarisasi dilakukan dengan cara studi literatur tentang OLED dari beberapa buku dan jurnal tentang OLED mencakup definisi, komponen, karakteristik dan prinsip kerja. Hasil proses elementarisasi ini menjadi ide-ide dasar konteks OLED dan konten Kimia terkait. Sedangkan proses rekonstruksi dilakukan melalui reduksi didaktik, yang bertujuan untuk menata dan menyusun ide-ide dasar hasil dari proses elementarisasi menjadi struktur konten pembelajaran yang dapat dipahami dan dijangkau oleh peserta didik. Salah satu aspek yang menjadi pertimbangan dalam proses reduksi-didaktik adalah prakonsepsi siswa. Investigasi prakonsepsi siswa tentang OLED dan konten Kimia yang terkait dengan OLED dilakukan melalui wawancara. Wawancara ini dilakukan pada 10 orang siswa SMA kelas XII. Format wawancara mengadaptasi format wawancara Laherto (2012). Prakonsepsi ini meliputi pengetahuan awal yang dimiliki siswa mengenai definisi, struktur, karakteristik dan prinsip kerja OLED serta konsep Kimia yang dapat menjelaskan hal tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Studi Literatur tentang OLED dan konten Kimia SMA yang terkait

OLED adalah sebuah perangkat emiter cahaya semikonduktor berbasis senyawa organik yang ketebalannya sekitar 100-200 nm, yaitu rata-rata

seribu kali lebih tipis dari rambut manusia (Pereira, 2012). Ketebalan OLED yang hanya berkisar 100 nm membuat OLED dapat digunakan untuk membuat display yang tipis dan fleksibel. Komponen utama OLED adalah katoda, anoda khusus berupa kaca konduktif ITO dan lapisan organik.

Senyawa organik umumnya bersifat isolator. Kunci konduktivitas listrik pada senyawa organik penyusun OLED adalah adanya sistem ikatan rangkap terkonjugasi. Sistem ikatan rangkap terkonjugasi adalah sistem dimana posisi ikatan rangkap dua dan ikatan tunggalnya berselang-seling satu sama lain. Contoh sederhana untuk memahami keseluruhan sistem ikatan rangkap terkonjugasi adalah melalui cincin benzena. Pada masing-masing atom karbon dalam molekul benzena, terdapat tiga orbital sp dan satu orbital p yang tidak terhibridisasi. Dua dari tiga orbital hibrida sp membentuk ikatan kovalen dengan atom karbon tetangga (disebut ikatan π) dan satu orbital sp lain digunakan untuk berikatan kovalen dengan hidrogen (disebut ikatan σ). Ikatan-ikatan inilah yang menjadi dasar pembentukan HOMO dan LUMO yang memiliki korespondensi terhadap pita valensi dan pita konduksi pada semikonduktor anorganik.

Tumpang tindih orbital π antar molekul dapat menginduksi penghamparan pada tingkat HOMO dan LUMO yang menghasilkan celah pita yang berkisar antara 1 sampai 4 eV. Energi tersebut sesuai dengan energi minimum untuk menyebabkan molekul organik tereksitasi. Celah pita ini biasanya menurun seiring dengan meningkatnya delokalisasi karena sistem elektronik π nya pun meningkat (Pereira, 2012).

Meskipun kunci konduktivitas polimer adalah adanya sistem ikatan rangkap terkonjugasi, namun hal ini

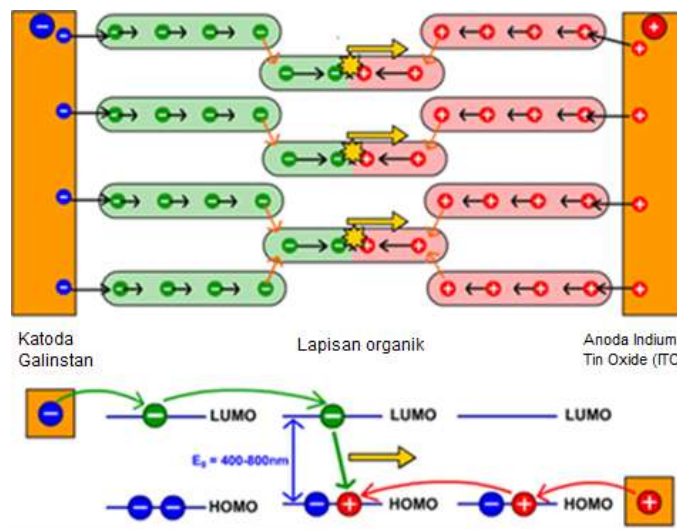
tidak serta merta membuat polimer tersebut menjadi konduktor listrik. Diperlukan suatu gangguan melalui pelepasan elektron (oksidasi) maupun penambahan elektron (reduksi). Proses ini disebut dengan *doping*. Melalui prinsip redoks tersebut, elektron akan mudah bergerak dan mengalir di sepanjang molekul sehingga tercipta arus listrik. Proses oksidasi menyebabkan polimer kekurangan elektron sehingga bermuatan positif (oleh karena itu dinamai *p-doping*), sedangkan proses reduksi menyebabkan polimer kelebihan elektron sehingga bermuatan negatif (*n-doping*) (Tsujimura, 2012).

Pemancaran cahaya pada OLED terjadi melalui proses elektroluminesensi. Dalam penelitiannya, Mitschke dan Bäuerle (2000) mengungkapkan definisi elektroluminesensi sebagai pembentukan cahaya non-termal yang dihasilkan dari penerapan medan listrik pada suatu substrat. Emisi pada perangkat OLED dijelaskan melalui prinsip rekombinasi elektron-*hole*. Saat elektron dan *hole* berekombinasi, suatu kuasipartikel berenergi tinggi terbentuk. Kuasipartikel ini disebut dengan eksiton, dimana sifatnya sama seperti molekul tunggal, namun dengan energi yang tinggi. Eksiton ini menghasilkan cahaya setelah periode waktu hidup eksiton selesai.

Gambar 1 menunjukkan prinsip dasar proses elektroluminesensi yang terjadi pada OLED (Banerji, et. al., 2013) yang secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Injeksi muatan

Pada tahap pertama, dengan adanya *power supply*, elektron ditarik dari anoda (pada gambar menggunakan anoda ITO) sehingga terbentuk *hole*, kemudian elektron tersebut dialirkan ke katoda (pada gambar menggunakan katoda Galinstan) sehingga kelebihan elektron.



Gambar 1. Prinsip elektroluminesensi dalam OLED (diadaptasi dari Banerji, et. al., 2013)

- b. Pengangkutan muatan
 Dengan adanya ikatan rangkap terkonjugasi pada lapisan organik, muatan (elektron dan *hole*) bergerak di sepanjang lapisan polimer dari molekul satu ke molekul lain dengan arah yang berlawanan.
- c. Rekombinasi muatan dan peluruhan eksiton
 Ketika elektron dan *hole* bertemu dalam molekul, mereka bergabung membentuk eksiton. Eksiton kemudian meluruh dengan disertai pemancaran cahaya.

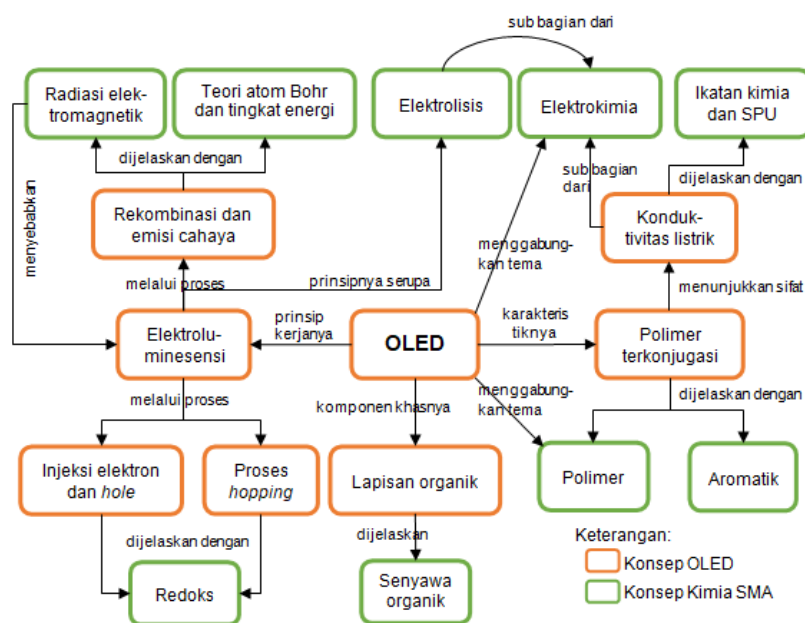
2. Konsep Kimia SMA terkait konteks OLED

Identifikasi konsep-konsep Kimia SMA yang berkaitan dengan konteks OLED dilakukan dengan menggunakan hasil analisis perspektif saintis tentang konteks OLED. Standar Isi Mata Pelajaran Kimia Kurikulum 2013 digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi konsep-konsep Kimia SMA apa saja yang dapat diambil dari konteks OLED.

Skema yang menggambarkan konsep OLED dan hubungannya dengan konsep-konsep Kimia SMA yang terkait digambarkan pada Gambar 2 di bawah. Label pada skema

yang diberi warna jingga merupakan penjabaran dari konsep OLED sedangkan label berwarna hijau menunjukkan konsep Kimia SMA yang dapat digunakan untuk menjelaskan konsep-konsep OLED tersebut. Berdasarkan skema di atas, konsep Kimia SMA yang terkait dengan konteks OLED adalah:

- a. Teori atom Bohr tentang tingkat energi, untuk menjelaskan proses pemancaran cahaya.
- b. Sifat periodik unsur, khususnya mengenai sifat listrik unsur untuk menjelaskan konduktivitas listrik dari semikonduktor.
- c. Senyawa organik, berkaitan dengan bahan dasar OLED yaitu bahan organik.
- d. Polimer, untuk menjelaskan komponen khas OLED, yaitu polimer konduktif.
- e. Senyawa aromatik, untuk menjelaskan tentang ikatan rangkap terkonjugasi yang menjadi kunci konduktivitas polimer konduktif.
- f. Redoks dan elektrolisis, untuk menjelaskan prinsip kerja OLED sehingga polimer konduktif dapat memancarkan cahaya melalui proses elektroluminesensi.



Gambar 2. Skema konteks OLED dan konsep Kimia Sekolah terkait

3. Investigasi prakonsepsi siswa tentang OLED dan konten Kimia SMA yang terkait

Diungkapkan oleh Sam, et. al (2015) kunci dari MER adalah adanya keterkaitan yang erat antara klarifikasi struktur konten dengan investigasi perspektif siswa. Oleh sebab itu, perspektif siswa berupa prakonsepsi perlu dieksplorasi sebagai bahan pertimbangan dalam rekonstruksi pendidikan, disamping hasil analisis klarifikasi struktur konten itu sendiri. Dalam studi ini, prakonsepsi siswa tentang OLED dieksplorasi secara

mendalam melalui wawancara klinis yang mengadaptasi format Laherto. Prakonsepsi tersebut mencakup pengetahuan umum tentang teknologi OLED dan konsep Kimia yang menjelaskan karakteristik dan prinsip OLED. Secara keseluruhan, prakonsepsi siswa ini belum sesuai dengan perspektif sains. Salah satu alasannya adalah karena materi Kimia yang terkait dengan OLED tidak disampaikan di jenjang SMA. Hal tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1. Perbandingan Perspektif Saintis dengan Prakonsepsi Siswa Tentang Konteks OLED dan Konten Kimia SMA Yang Terkait

	Prakonsepsi Siswa	Perspektif Saintis
Pengetahuan tentang OLED (sebelum ditampilkan gambar perkembangan layar TV CRT, LCD dan OLED serta video perbedaan TV LED dan OLED)	<ul style="list-style-type: none"> Sebagian besar tidak mengetahui OLED Sebagian lain menjawab LED berbahan organik 	<ul style="list-style-type: none"> Dioda pemancar cahaya yang terbuat dari bahan organik dengan struktur yang tipis dan kualitas lebih baik dibandingkan LED.
Pengetahuan tentang OLED (setelah ditampilkan gambar perkembangan layar TV CRT, LCD dan OLED serta video perbedaan TV LED dan OLED)	<ul style="list-style-type: none"> Teknologi layar TV canggih yang menghasilkan fitur yang lebih baik seperti resolusi warna lebih baik, lebih tipis dan lebih hemat energi. 	

	Prakonsepsi Siswa	Perspektif Saintis
Prinsip kerja OLED	<ul style="list-style-type: none"> • Kebanyakan tidak tahu. • Beberapa menjawab kombinasi dari Fisika dan Kimia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroluminesensi, yaitu pemancaran cahaya akibat diberikan arus listrik.
Konsep Kimia terkait OLED	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrolisis • Senyawa organik • Ikatan Kimia • Redoks • Polimer • Radiasi cahaya • Listrik statis • Listrik dinamis <p>* tidak diberikan alasan yang jelas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teori atom Bohr tentang tingkat energi (pemancaran cahaya) • Sifat periodik unsur (sifat konduk-tivitas semikonduktor OLED) • Senyawa organik (bahan dasar OLED) • Polimer (kekhasan komponen OLED: polimer konduktif) • Aromatik (sistem ikatan rangkap terkonjugasi) • Redoks (konsep transfer elektron pada polimer konduktif) • Elektrolisis (kesamaan prinsip dengan elektroluminesensi)

Dari tabel di atas, dapat kita ketahui bahwa pandangan siswa mengenai OLED belum semuanya sesuai dengan perspektif saintis. Maka dari itu, diperlukan proses reduksi didaktik untuk merekonstruksi konteks OLED agar sesuai untuk disisipkan dalam pembelajaran Kimia SMA.

4. Proses reduksi didaktik

Proses reduksi didaktik dilakukan terhadap naskah teks bahan ajar yang disusun dari hasil analisis studi literatur konteks OLED dan konten Kimia SMA yang telah dipaparkan di atas. Naskah tersebut disusun mengadaptasi proyek *Chemie im Kontext* yang dikembangkan oleh Jerman (Nentwig, et. al, 2002). Karakteristik naskah ini adalah penyajian konteks OLED dan konten Kimia secara terpisah.

Proses reduksi didaktik dilakukan untuk mengurangi tingkat kesulitan konsep yang akan ditulis pada bahan ajar, terutama konteks yang diangkat pada studi ini bersifat konteks inovatif. Sebagaimana disampaikan oleh

Sholahuddin (2011), salah satu karakteristik reduksi didaktik adalah sebagai jembatan antara perkembangan IPTEK dengan materi pembelajaran. Landasan yang digunakan untuk melakukan reduksi didaktik adalah tingkat keterpahaman. Tingkat keterpahaman bacaan tiap paragraf dilakukan melalui uji ide pokok. Jika persentasinya kurang dari 67%, maka paragraf tersebut perlu direduksi. (Arifin dan Anwar, 2015).

Dalam penelitian ini, jumlah paragraf yang direduksi dari teks dasar OLED dapat dilihat pada Tabel 2 Sedangkan jumlah paragraf yang direduksi dari teks dasar konten Kimia terkait OLED ditunjukkan pada Tabel 3. Reduksi lebih banyak dilakukan pada konteks OLED dibandingkan dengan konten Kimianya. Hal ini dapat dipahami karena konsep-konsep Kimia terkait OLED relatif sukar dan tidak disampaikan di jenjang SMA. Adapun naskah konten Kimia yang mengalami reduksi adalah yang bersumber dari buku teks Kimia Dasar yang digunakan di jenjang perguruan tinggi.

Tabel 2. Jumlah paragraph yang direduksi dari teks dasar konteks OLED

No	Subtopik	Jumlah paragraf total	Paragraf yang direduksi
1	Definisi OLED	5	2
2	Struktur dan komponen OLED	3	-
3	Karakteristik OLED	13	4
4	Prinsip kerja OLED	13	7

Tabel 3. Jumlah paragraph yang direduksi dari teks dasar konten kimia terkait OLED

No	Subtopik	Jumlah paragraf total	Paragraf yang direduksi
1	Radiasi elektromagnetik	6	1
2	Teori atom Bohr tentang tingkat energi	6	4
3	Sifat konduktivitas listrik padatan	11	5
4	Reaksi redoks	7	1
5	Sel elektrolisis	7	2
6	Hidrokarbon	8	1
7	Polimer	10	4
8	Senyawa aromatik	8	2

Dari delapan cara reduksi didaktik menurut Anwar (2010), empat cara reduksi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu kembali ke tahap kualitatif; pengabaian; penggunaan penjelasan berupa gambar; dan penggunaan tingkat perkembangan sejarah. Di bawah ini dipaparkan beberapa contoh proses reduksi-didaktif naskah pada penelitian ini.

a. Pengabaian

Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam tahap reduksi bahan ajar penelitian ini. Hal ini terutama banyak ditemukan dalam reduksi naskah teks dasar konteks OLED. Dalam bahasan konteks OLED banyak terdapat konsep-konsep yang tidak diberikan di SMA. Salah satu kasusnya adalah pada subtopik prinsip dasar OLED. Dibawah ini adalah teks dasar mengenai proses *doping* untuk meningkatkan kualitas kinerja OLED.

Gambar 12 menunjukkan mekanisme doping emisi dari fluoresensi. Energi inang ditransfer ke dopant melalui pemasangan dipol-dipol. Transfer

energi ini dapat terjadi bahkan saat eksiton dipisahkan dengan jarak yang panjang sekitar 100 Å (disebut transfer energi Förster). Ketika mekanisme emisi fluoresensi dilakukan, hanya 25% eksiton yang bisa digunakan karena hanya eksiton tunggal saja yang berkontribusi terhadap emisi. Untuk konsumsi daya yang lebih rendah dan kecerahan yang tinggi, hasil emisi harus ditingkatkan.

Teks di atas dianggap tidak relevan untuk disampaikan kepada siswa SMA karena tidak sesuai dengan konsep-konsep Kimia SMA yang tercantum dalam Standar Isi. Oleh sebab itu, teks mengenai mekanisme *doping* ini diabaikan.

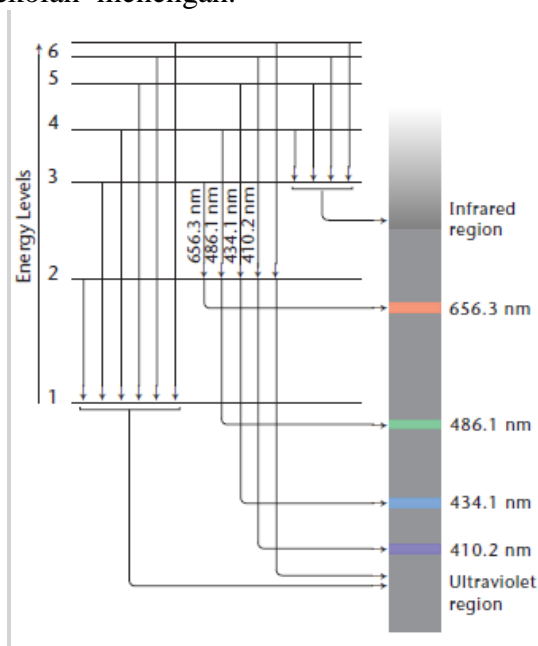
b. Kembali ke tahap kualitatif

Cara reduksi ini digunakan pada subtopik teori atom Bohr mengenai tingkat energi. Pada naskah teks dasar terdapat gambar mengenai tingkat energi atom hidrogen seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Diagram ini menunjukkan bagaimana para ilmuwan

menginterpretasikan spektrum emisi. Namun, penjelasan ini dianggap rumit jika diberikan kepada siswa sekolah menengah.

Oleh karena itu gambar ini dihilangkan dan disajikan dengan penjelasan berikut:



Gambar 3. Tingkat energi atom hidrogen

Elektron hanya dapat memiliki energi yang sesuai dengan tingkat energi dalam atom. Ketika atom diberikan energi (misalnya dengan cara mengalirkan listrik), elektron akan naik dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Ketika elektron turun kembali, energi dengan jumlah yang sama akan dilepaskan dan dipancarkan dalam bentuk cahaya. Karena hanya lompatan energi tertentu saja yang dapat terjadi, maka hanya frekuensi cahaya tertentu yang dapat muncul dalam spektrum.

c. Penjelasan dengan menggunakan gambar

Bagian bahan ajar yang menggunakan cara reduksi ini adalah subtopik karakteristik OLED. Dalam subtopik ini, dijelaskan tentang sistem ikatan rangkap terkonjugasi yang direpresentasikan oleh struktur cincin benzena. Berikut adalah naskah teks sebelum mengalami reduksi:

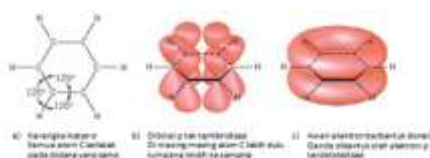
Untuk memahami seluruh sistem, mari kita analisa kasus cincin benzena. Satu

atom karbon, memiliki konfigurasi orbital atom $1s^2 2s^2 2p^2$. Setelah orbital $2s$ penuh, karbon akan membentuk dua ikatan dengan satu tetangga menggunakan elektron tak berpasangan $2p^2$. Tapi kita tahu bahwa empat ikatan pada C itu ada. Jawabannya adalah hibridisasi, orbital s dan p bergabung untuk memberikan orbital hibrida (sp_1 , sp_2 , dan sp_3 -tergantung pada jumlah orbital yang digabungkan), yang memberikan tempat untuk ikatan tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga. Secara umum, kita memiliki tiga orbital sp hibrid, meninggalkan satu orbital p non-hibridisasi. Dua dari orbital sp tersebut yang berada di setiap atom karbon, membentuk ikatan kovalen dengan atom karbon tetangga dan yang ketiga biasanya membentuk ikatan kovalen dengan hidrogen atau gugus lateral, yaitu ikatan σ yang berupa ikatan silinder sekitar sumbu antar-inti.

Teks ini disusun ulang dengan menambahkan gambar agar lebih mudah dipahami oleh siswa. Hasil teks setelah direduksi adalah:

Setiap atom karbon pada benzena

berikatan dengan tiga atom lain, yaitu satu atom hidrogen dan dua atom karbon tetangga. Sehingga, orbital hibrida yang digunakan hanya tiga, disebut orbital hibrida sp^2 (terdiri dari 1 orbital s dan 2 orbital p). Oleh karena itu, pada hibridisasi atom karbon molekul benzena, kita memiliki tiga orbital hibrida sp^2 , meninggalkan satu orbital p yang tidak terhibridisasi. Dua orbital sp^2 tersebut membentuk ikatan kovalen dengan atom karbon tetangga dan satu orbital lainnya membentuk ikatan kovalen dengan hidrogen melalui ikatan σ . Orbital $2p$ dari keenam atom karbon yang tegak lurus terhadap bidang heksagonal bertumpang tindih membentuk enam ikatan π . Keenam ikatan π ini tidak diasosiasikan pada setiap atom karbon, tetapi membentuk orbital terdekalisasi.



Penggambaran molekul benzena

d. Penggunaan tingkat perkembangan sejarah

Cara reduksi ini dilakukan pada bagian subtopik definisi OLED, dengan cara menambahkan penjelasan mengenai sejarah perkembangan layar televisi mulai dari CRT (*cathode ray tube*) sampai OLED. Dasar pemilihan cara reduksi ini adalah muncul cukup banyak istilah-istilah teknologi layar sebelum OLED, seperti LCD dan LED dalam subtopik ini. Istilah-istilah ini muncul dalam pemaparan tentang kelebihan OLED dari teknologi-teknologi tersebut. Selain itu, hal ini ternyata sejalan dengan temuan tentang prakonsepsi siswa yang mengungkapkan bahwa pada awalnya siswa mengenal OLED sebagai salah satu jenis televisi.

KESIMPULAN

Tren pendidikan STEM di berbagai negara mulai berkembang sejak beberapa tahun lalu. Pendidikan STEM dianggap dapat menciptakan sumber daya manusia yang terampil di bidang sains, teknik dan teknologi. Namun, di Indonesia sendiri, terdapat kendala untuk menerapkan pendidikan STEM karena merestrukturisasi kurikulum secara menyeluruh bukanlah opsi yang mudah. Studi ini merupakan proyek pilot pengembangan pembelajaran berbasis konteks yang disisipkan pada mata pelajaran Kimia. Dalam studi ini OLED dipilih sebagai konteks yang representatif karena merupakan tema penelitian yang kekinian, bersifat terbaru dan dekat dengan keseharian siswa. Struktur konten saintifik OLED direstrukturisasi melalui proses reduksi didaktik karena perlu disesuaikan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa dan struktur kurikulum yang berlaku. Empat cara reduksi didaktik yang dilakukan adalah pengabaian, kembali ke tahap kualitatif, penjelasan dengan menggunakan gambar dan penggunaan tingkat perkembangan sejarah. Melalui proses ini, diharapkan konteks OLED dapat menjadi salah satu topik integrasi STEM yang memungkinkan untuk disisipkan pada mata pelajaran Kimia SMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisendjaja, Y. H. (2009). *Analisis buku ajar biologi SMA kelas X di kota Bandung berdasarkan literasi sains*. Bandung: FPMIPA-Universitas Pendidikan Indonesia.
- Anggraini, F. I. & Huzairah, S. (2017). Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA di Sekolah Menengah Pertama. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA: STEM untuk Pembelajaran Sains Abad 21*, Palembang, 722-731.
- Anwar, S. (2010). *Pengolahan bahan ajar*. Handout perkuliahan [tidak diterbitkan].

- Arifin & Anwar, S. (2015). Pengembangan bahan ajar IPA Terpadu tema udara melalui *Four Steps Teaching Material Development*. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 2 (1), 1-11.
- Asmuniv. (2015). Diklat Guru Profesional Integrasi STEM. PPPTK VEDC, Malang.
- Banerji, A., Tausch, M. W., & Scherf, U. (2013). Classroom experiments and teaching materials on OLEDs with semiconducting polymer. *Educ. quim.*, 24, 17-22.
- Carnevale, A. P., Smith, N. & Melton, M. (2011). *STEM*. Georgetown University Center on Education and The Workforce.
- Cooney, S. & Bottoms, G. (2003). *Middle Grades to high school: Mending a weak link* (Report No. EA-032-691). Atlanta, GA: Southern Regional Education Board. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 479785).
- Dewi, K., Sadia, I. W. & Ristiati, N. P. (2013). Pengembangan perangkat pembelajaran IPA Terpadu dengan *setting* inkuiri terbimbing untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kinerja ilmiah siswa. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi Pendidikan IPA*, 3.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. *Sci. Educ. Res. and Pract. in Europe: Retrospective and Prospective*, 5, hlm. 13–37.
- Firman, H. (2015). Pendidikan Sains berbasis STEM: Konsep, pengembangan dan peranan riset pascasarjana. *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PLKH Universitas Pakuan*, Agustus 2015.
- Grillenberger, A., Przybylla, M. & Romeike, R. (2016). Bringing CS innovations to the classroom: A process model of educational reconstruction. *Proceeding International Conference on Informatics in Schools ISSEP 2016*, Münster, Germany.
- Gropengießer, H. (1997). Student's conceptions of vision. *Journal of Science Education*, 3 (1), 71-87.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2017). *Panduan Penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Sekolah Menengah Pertama*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah dan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Pertama.
- Laherto, A. (2012). *Nanoscience education for scientific literacy: Opportunities and challenges in secondary school and in out-of-school settings*. (Disertasi). Faculty of Science of the University of Helsinki.
- Listyawati, M. (2012). Pengembangan perangkat pembelajaran IPA Terpadu di SMP. *Journal of Innovative Science Education*, 1 (1), 61-69.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B. & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons: International comparisons of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education. Final report*. Australian Council of Learned Academies, Melbourne, Vic.
- Marks, M., Stuckey, M., Belova, N & Eilks, I. (2014). The societal dimension in German science education – From tradition towards selected cases and recent developments. *Eurasia Journal of*

- Mathematics, Science & Technology Education*, 10 (4), 285-296.
- Mitschke, U & Bäuerle, P. (2000). The electroluminescence of organic materials. *J.Mater. Chem.*, 10, 1471-1507.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM Education monograph series: Attributes of STEM Education*. Baltimore: TIES (Teaching Institutes for Essential Science).
- Nentwig, P., Parchmann, I., Demuth, R., Gräsel, C., & Ralle, B. (2002). *Chemie im Context-From situated learning in relevant contexts to a systematic development of basic chemical concepts*. Makalah Simposium Internasional IPN-UYSEG, Kiel Jerman.
- Niebert, K., & Gropengiesser, H. (2013). The model of educational reconstruction: A framework for the design of theory-based content specific interventions. The example of climate change. In T. P. Nieven, *Educational design research - Part B: Illustrative cases* (pp. 513-531). Enashede, Netherlands: SLO.
- Pereira, L. (2012). *Organic Light Emitting-Diodes: The use of rare-earth and transition metal* (Taylor & Francis Group).
- Riemeier, T., & Gropengiesser, H. (2008). On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students' conceptual development in teaching experiments. *International Journal of Science Education.*, 30 (7), 923-939.
- Roberts, A. (2012). A Justification for STEM Education. *Technology and engineering teacher*, 74 (8), 1-5.
- Sam, A., Hanson, R., Niebert, K. & Kwarteng, T. (2015). The Model of Educational Reconstruction: Scientists' and students' conceptual balances to improve teaching of coordination chemistry in higher education. *International Journal of Academic Research and Reflection*, 7 (5), 67-77.
- Sholahuddin, A. (2011). Pengembangan buku ajar kimia kelas X Berbasis reduksi didaktik: Uji kelayakan di SMA negeri kota Banjarmasin. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 17 (2), 166-177.
- Suhery, T. (2017). Implementasi STEM pada pembelajaran kimia dalam rangka menerapkan kurikulum 2013. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA: STEM untuk Pembelajaran SAINS Abad 21*, Palembang, 8-13.
- Tsujimura, T. (2012). *OLED Display: Fundamentals and applications*. John Wiley & Sons Inc.
- Wang, H., Moore, T., Roehrig, G. & Park, M. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.
- Winarni, J., Zubaidah, S. & Koes H, S. (2016). STEM: Apa, Mengapa dan Bagaimana. *Pros. Semnas. Pend. IPA Pascasarjana UM*, 1, 976-984.
- Zabel, J., & Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Education*, 45 (3), 143-149.