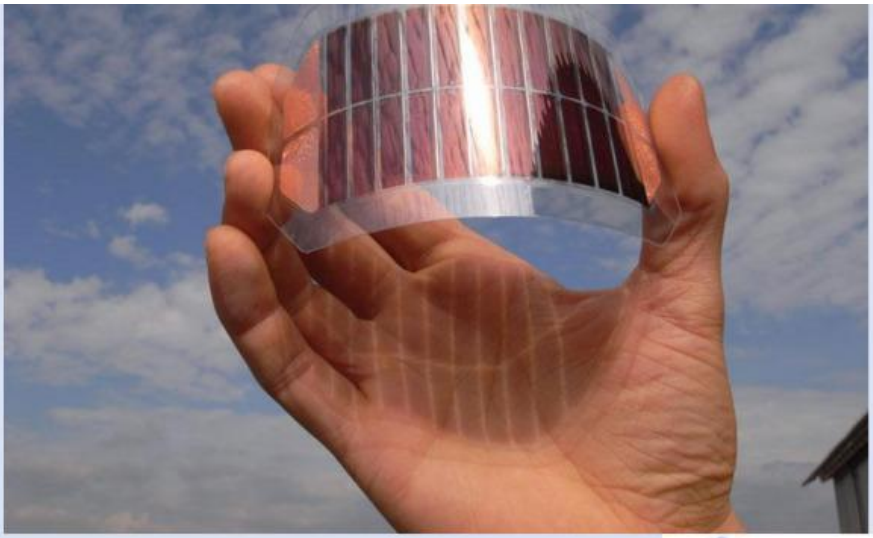
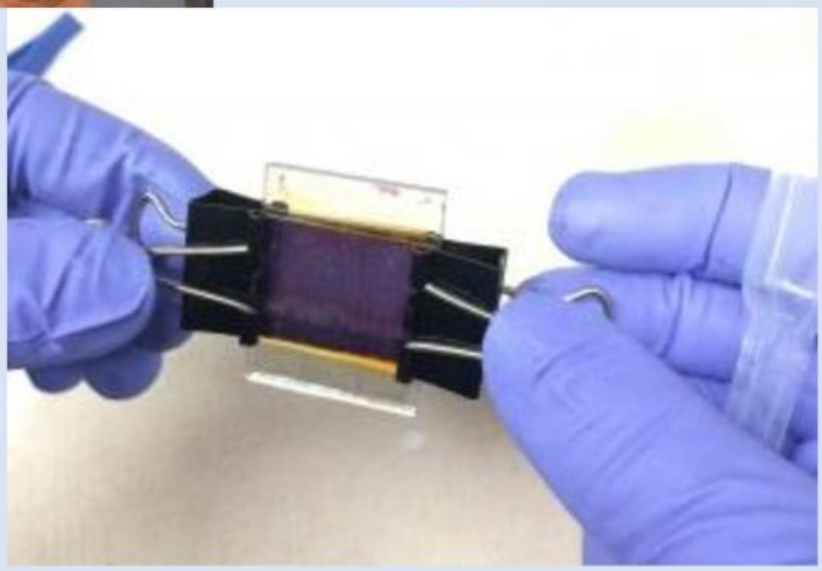




Lembar Kerja Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis STEM

Untuk Mata Kuliah
Kesetimbangan Larutan
Topik Sel Elektrokimia

Disusun oleh:
Judit Firsty Mardatila Nikoputri

Nama	:	
NPM	:	

LIVEWORKSHEETS

Daftar Isi

Daftar Isi 1
Petunjuk Penggunaan 2
Kompetensi Dasar 3
Indikator Pencapaian 3
Tujuan Pembelajaran 3
Materi Pembelajaran (*Science*) 4
Uji Pemahaman Materi (*Science, Mathematics*) 9
Aktivitas 1 (*Science, Technology*) 10
Aktivitas 2 (*Science, Technology*) 12
Eksplorasi (*Engineering*) 16
Evaluasi (*Science, Mathematics*) 18
Pustaka 21

LIVEWORKSHEETS

Petunjuk Penggunaan

1. Bahan ajar ini merupakan suatu Lembar Kerja yang berisi kegiatan yang dapat diterapkan dalam pembelajaran.
2. Konten yang termuat dalam Lembar Kerja adalah informasi, kegiatan eksplorasi dan diskusi, serta pertanyaan.
3. Pahami terlebih dahulu indikator pencapaian.
4. Pahami setiap instruksi yang terdapat dalam Lembar Kerja.
   a. Pada bagian *science* mahasiswa diberikan informasi dan pertanyaan terkait sel elektrokimia dan DSSC.
   b. Pada bagian *technology* mahasiswa diberikan informasi dan video pembelajaran terkait DSSC untuk dibaca, diamati dan dipahami.
   c. Pada bagian *engineering* mahasiswa diberikan pertanyaan pemandu untuk kegiatan ekplorasi dan diskusi tentang DSSC dan kaitannya dengan sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari.
   d. Pada bagian *mathematics* mahasiswa diberikan penugasan berupa pertanyaan-pertanyaan tentang sel elektrokimia sebagai evaluasi setelah kegiatan eksplorasi dan diskusi.
5. Diskusikan dngan teman untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diberikan.
6. Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam LKPD dengan benar.



LIVEWORKSHEETS

Kompetensi Dasar

1. Memahami konsep sel elektrokimia
2. Mengetahui dan memahami sifat-sifat elektroda
3. Mengetahui dan memahami cara menghitung atau mengukur beda potensial

Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan konsep dari sel elektrokimia.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan penggunaan sel elektrokimia dalam fenomena dan teknologi kehidupan sehari-hari.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan sifat-sifat elektroda yang dapat digunakan dalam sel elektrokimia.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan apa yang dimaksud dengan beda potensial sel.
5. Mahasiswa dapat menghitung dan mengukur beda potensial dari sel elektrokimia.

Indikator Pencapaian

1. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan konsep dari sel elektrokimia.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan jenis-jenis sel elektrokimia.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan kegunaan dan hubungan konsep dari sel elektrokimia dengan fenomena dan teknologi yang dekat dengan kehidupan sehari-hari.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan sifat-sifat dari elektroda.
5. Mahasiswa dapat mengidentifikasi elektroda yang dapat digunakan dalam sel elektrokimia.
6. Mahasiswa dapat menejelaskan apa yang dimaksud dengan beda potensial sel elektrokimia.
7. Mahasiswa dapat menghitung dan mengukur beda potensial sel elektrokimia.

LIVEWORKSHEETS

Materi Pembelajaran
(*Science*)

Sel Elektrokimia

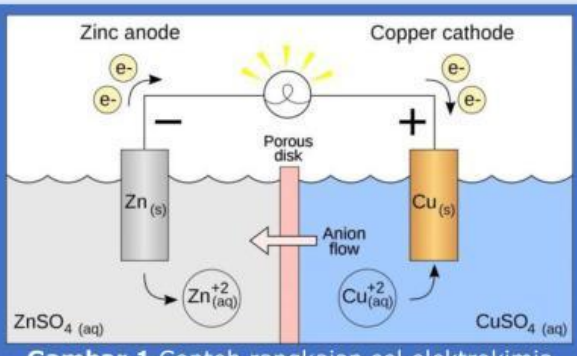
Masih ingatkah kalian dengan reaksi redoks? Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang terdiri atas reaksi reduksi dan oksidasi. Berdasarkan pengikatan electron reaksi reduksi didefinisikan sebagai reaksi yang mengikat electron, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi yang melepaskan electron. Tahukah kalian contoh penerapan reaksi redoks? Reaksi redoks dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari contohnya pada sel elektrokimia.

Sel elektrokimia pada dasarnya merupakan suatu rangkaian sel yang dapat menghantarkan Listrik. Sel elektrokimia dapat disebut juga sebagai alat yang dapat menghasilkan arus Listrik melalui reaksi-reaksi kimia. Sel elektrokimia dapat didefinisikan sebagai tempat terjadinya konversi energi dari energi kimia menjadi energi Listrik begitu juga sebaliknya. Konversi energi ini terjadi karena pemisahan reaksi yang terjadi di dalam sel yaitu reaksi reduksi dan oksidasi (reaksi redoks).

Sel elektrokimia dikenal terdiri dari dua jenis yaitu sel galvanic atau sel volta dan sel elektrolisis. Sel galvani atau sel volta dapat diartikan sebagai suatu perangkat yang dapat menghasilkan arus Listrik karena adanya reaksi spontan pada elektroda. Sedangkan sel elektrolisis merupakan perangkat yang dapat menguraikan elektrolit karena adanya arus Listrik yang menyebabkan terjadinya reaksi tidak spontan.

Perbedaan sel galvani dan sel elektrolisis terletak pada proses konversi energinya. Pada sel galvani konversi energi yang terjadi adalah konversi energi kimia menjadi energi Listrik, sebaliknya sel elektrolisis mengkonversi energi Listrik. Sel elektrokimia tersusun dari dua substrat yang disebut elektroda.

Elektroda adalah media penghantar Listrik yang terhubung dengan elektrolit yang biasa digunakan dalam sel elektrokimia. Dalam sel elektrokimia ada dua jenis elektroda yaitu katoda (tempat terjadinya reduksi) dan anoda (tempat terjadinya reduksi). Pada sel galvani katoda berperan sebagai kutub positif dan anoda sebagai kutub negative, sedangkan pada sel elektrolisis katoda berperan sebagai kutub negative dan anoda berperan sebagai kutub positif.



Gambar 1 Contoh rangkaian sel elektrokimia
(Sumber : google.com)

LIVEWORKSHEETS

Elektroda dalam sel galvani bisa menjadi kutub positif atau negative, tergantung pada elektroda lainnya. Penentuan kutub positif dan negative ini tergantung kecenderungan reduksi oksidasi dua elektroda. Kecenderungan reduksi oksidasi ini biasanya ditentukan menurut deret volta. Deret volta terdiri dari :



Selain berdasarkan deret volta, kecenderungan reduksi oksidasi elektroda juga biasa ditentukan dari harga potensial reduksi oksidasinya. Jika harga potensial reduksi bernilai positif, maka elektroda tersebut mudah tereduksi. Sebaliknya, jika harga potensial reduksi bernilai negative maka elektroda tersebut lebih sukar tereduksi (mudah teroksidasi). Harga potensial reduksi elektroda dapat dilihat dalam table berikut :

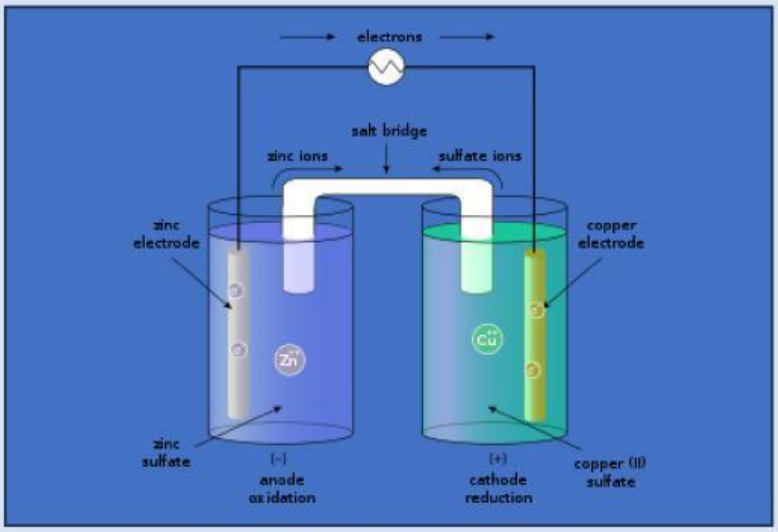
Kopel (Setengah sel)	Reaksi	E^0 (Volt)
$Li^+\|Li$	$Li^+ + e \rightarrow Li$	-3,04
$K^+\|K$	$K^+ + e \rightarrow K$	-2,92
$Ba^+\|Ba$	$Ba^+ + e \rightarrow Ba$	-2,90
$Ca^{2+}\|Ca$	$Ca^{2+} + 2e \rightarrow Ca$	-2,87
$Na^+\|Na$	$Na^+ + e \rightarrow Na$	-2,71
$Mg^{2+}\|Mg$	$Mg^{2+} + 2e \rightarrow Mg$	-2,37
$Al^{3+}\|Al$	$Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$	-1,66
$Mn^{2+}\|Mn$	$Mn^{2+} + 2e \rightarrow Mn$	-1,18
$Zn^{2+}\|Zn$	$Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$	-0,76
$Fe^{2+}\|Fe$	$Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$	-0,44
$Fe^{3+}\|Fe$	$Fe^{3+} + 3e \rightarrow Fe$	+0,77
$Ni^{2+}\|Ni$	$Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$	-0,25
$Sn^{2+}\|Sn$	$Sn^{2+} + 2e \rightarrow Sn$	-0,14
$Pb^{2+}\|Pb$	$Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb$	-0,13
$H^+\|H_2$	$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$	0,00
$Cu^{2+}\|Cu$	$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$	+0,34
$Hg^{2+}\|Hg$	$Hg^{2+} + 2e \rightarrow Hg$	+0,62
$Ag^+\|Ag$	$Ag^+ + e \rightarrow Ag$	+0,80
$Pt^{2+}\|Pt$	$Pt^{2+} + 2e \rightarrow Pt$	+1,50
$Au^{3+}\|Au$	$Au^{3+} + 3e \rightarrow Au$	+1,52

Dalam sel elektrolisis elektroda yang digunakan adalah sepasang elektroda yang sejenis. Contoh elektroda yang biasa digunakan sama dengan sel galvani, tergantung dengan sifat kecenderungan reaksinya. Pemilihan elektroda yang akan dipakai untuk sel elektrolisis bergantung pada reaksi dan produk yang ingin dihasilkan dari sel elektrolisis tersebut. Elektroda ada yang bersifat sangat reaktif atau mudah bereaksi (*non-inert*) dan juga yang sukar bereaksi (*inert*). Elektroda yang bersifat *inert* biasa digunakan sebagai katalis agar reaksi yang diinginkan lebih cepat dan elektroda yang digunakan tidak mengganggu reaksi maupun produk yang ingin dihasilkan. Contoh elektroda yang bersifat *inert* adalah platina (Pt), emas (Au) dan karbon (C).

LIVEWORKSHEETS

Sel elektrokimia juga terbagi menjadi dua berdasarkan adanya penghubung, yaitu sel elektrokimia dengan *transferences* dan sel elektrokimia tanpa *transferences*. *Transferences* berperan sebagai penghubung antara dua spesi agar dapat terjadi reaksi redoks. Salah satu contoh sel elektrokimia dengan *transferences* adalah sel Daniell.

- Sel Daniell merupakan salah satu contoh rangkaian sel volta.
  Sel Daniell tersusun dari batang Zn yang dicelupkan dalam larutan $ZnSO_4$ pekat dan batang Cu yang dicelupkan dalam larutan $CuSO_4$. Kedua spesi tersebut dihubungkan dengan jembatan garam yang berperan sebagai *transferences*.



Gambar 2 Rangkaian Sel Daniell
(Sumber: google.com)

Dalam rangkaian sel Daniell logam tembaga (Cu) berperan sebagai kutub positif (katoda) dan logam seng (Zn) berperan sebagai kutub negative (anoda). Jika logam Cu dan Zn dihubungkan maka akan terdeteksi potensial Listrik yang dihasilkan oleh sel akibat dari transfer electron. Transfer electron ini terjadi karena reaksi reduksi dan oksidasi dalam sel.

Reaksi yang terjadi:

Katoda (Reduksi):	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	$E_0 = 0{,}34$ V
Anoda (Oksidasi):	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	$E_0 = 0{,}76$ V +
Reaksi Sel:	$Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$	$E_{0\ sel} = 1{,}10$ V

Potensial Listrik yang dihasilkan dari sel galvani ini disebut dengan beda potensial sel (E_{sel}). Beda potensial sel ini dapat dihitung dengan menghitung selisih antara potensial reduksi katoda dan anoda. Persamaannya dapat ditulis seperti berikut :

$E_{sel} = E^0_{reduksi}$ kutub positif + $E^0_{reduksi}$ kutub negatif
$= E^0_{reduksi} - E^0_{oksidasi}$
$= E^0_{katoda} - E^0_{anoda}$

Beda potensial juga dapat diukur menggunakan alat seperti voltmeter atau multimeter untuk hasil yang lebih akurat.

LIVEWORKSHEETS

Contoh sel elektrokimia tanpa *transferences* adalah sel elektrolisis.

- Sel elektrolisis adalah rangkaian sel yang di dalamnya terjadi penguraian elektrolit akibat adanya aliran Listrik searah dengan dua elektroda. Dua elektroda yang digunakan adalah sepasang logam yang sejenis yang akan berperan sebagai katoda dan anoda. Dalam sel elektrolisis katoda adalah kutub negative dan anoda adalah kutub positif.

  Sama halnya dengan sel galvani, dalam sel elektrolisis reaksi reduksi terjadi di katoda dan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Pada katoda reaksi reduksi terjadi dimana kation (ion positif) menerima transfer electron yang membuat bilangan oksidasinya berkurang. Reaksi reduksi yang terjadi bergantung pada larutan yang digunakan, diantaranya :

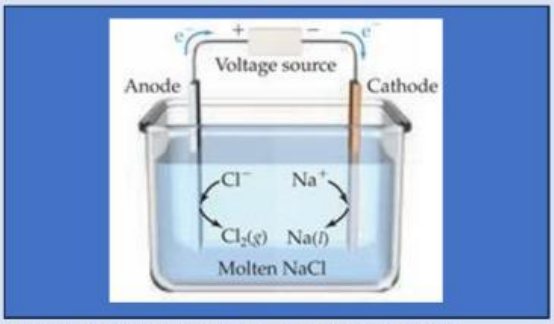
  - Jika larutan yang digunakan mengandung ion H^+, reaksinya adalah:
    $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2\,(g)}$
  - Jika larutan yang digunakan mengandung logam alkali, alkali tanah,ion Al^{3+}, dan Mn^{2+} maka yang tereduksi adalah air, reaksinya adalah :
    $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2\,(g)} + 2OH^-$
  - Jika larutan yang digunakan mengandung logam lain selain alkali dan alkali tanah maka logam tersebut yang tereduksI. Contoh reaksinya adalah :
    $Ag^+ + e \rightarrow Ag$
    $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$

  Begitu juga dengan reaksi oksidasi di anoda Dimana anion ditarik sehingga electron berkurang mengakibatkan bilangan oksidasi bertambah. Reaksi oksidasi yang terjadi bergantung pada larutan dan elektroda yang digunakan, diantaranya :

  - Jika elektroda yang digunakan *inert* dan larutan yang dielektrolisis mengandung ion OH^-, maka ion OH^- teroksidasi menjadi air dan gas oksigen. Reaksinya :
    $4OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2\,(g)} + 4e^-$
  - Jika elektroda yang digunakan *inert* dan larutan yang digunakan mengandung ion sisa asam oksi (contoh : SO_4^{2-}, NO_3^-, dll) maka yang teroksidasi adalah air. Reaksinya :
    $2H_2O_{(l)} \rightarrow 4H^+_{(aq)} + O_{2\,(g)} + 4e^-$
  - Jika elektroda yang digunakan *inert* dan larutan yang digunakan mengan ion sisa asam halida, maka ion tersebut teroksidasi menjadi molekulnya. Contoh reaksinya :
    $2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2\,(g)} + 2e^-$
  - Jika elektroda yang digunakan non-*inert* maka yang teroksidasi adalah logam elektrodanya. Contoh reaksinya :
    $Ag^+ + e \rightarrow Ag$

LIVEWORKSHEETS

Contoh rangkaian sel elektrolisis :
Larutan NaCl dielektrolisis dengan elektroda Pt dengan gambar rangkaian sel sebagai berikut :



Gambar 3 Rangkaian sel elektrolisis NaCl
(Sumber: google.com)

Reaksi yang terjadi dalam sel elektrolisis tersebut adalah :

$2NaCl_{(aq)} \rightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$

Katoda (Reduksi): $2Na^{+}_{(aq)} + 2e \rightarrow 2Na_{(s)}$

Anoda (Oksidasi): $2Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow Cl_{2\,(g)} + 2e^{-}$ +

Reaksi sel : $2NaCl_{(aq)} \rightarrow 2Na + Cl_{2\,(g)}$

LIVEWORKSHEETS

Uji Pemahaman Materi (*Science, Mathematics*)

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini berdasarkan pemahaman yang kalian dapat setelah membaca materi!

1. Jelaskan apa yang kalian ketahui tentang reaksi redoks?

   Jawaban :

2. Jelaskan apa yang kalian ketahui tentang sel elektrokimia?

   Jawaban :

3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan elektroda!

   Jawaban :

4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan elektroda *inert* dan *non-inert*!

   Jawaban :

5. Jelaskan apa yang dimaksud beda potensial sel dan cara menghitungnya!

   Jawaban :

LIVEWORKSHEETS

Aktivitas 1
(*Science, Technology*)

Sejarah dan Perkembangan Teknologi *Dye-Sensitized Solar Cell*

Sampai saat ini bahan bakar fosil masih menjadi salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pembangkit Listrik adalah salah satu contoh pengguna bahan bakar fosil atau hasil destilasi minyak bumi terbesar. Oleh karena gradien konsumsi yang terus meningkat, bahan bakar fosil diperkirakan akan habis dalam kurang dari 100 tahun ke depan. Maka dari itu dibutuhkan sumber energi alternatif lain. Sel surya merupakan salah satu opsi sebagai sumber energi alternatif lain karena bergantun pada energi matahari yang terus tersedia. Khususnya di Indonesia yang merupakan negara tropis terletak pada garis Khatulistiwa yang memiliki intensitas penyinaran matahari tinggi. Seorang ahli fisika bernama Alexander Edmund Becquerel menemukan sel surya pertama kali pada tahun 1839. Pengembangan sel surya sendiri telah mencapai generasi ketiga. Generasi pertama dan kedua adalah sel surya berbasis silicon. Dibandingkan dengan generasi pertama, lapisan semikonduktor generasi kedua lebih tipis. Ini disebut sebagai sel surya lapisan tipis.



Gambar 4 Panel Surya
(Sumber: google.com)

Sel surya generasi ketiga adalah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) atau sel surya organic berbasis pewarna alami. DSSC pertama kali ditemukan di Swiss pada tahun 1991 oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan. DSSC adalah terobosan terbaru yang dikembangkan setelah sel surya berbasis silicon dan sel surya lapis tipis. Meskipun sel surya bergantung pada energi matahari yang tersedia berlimpah, dua generasi pertama sel surya memiliki kekurangan yaitu mahal dan tidak ramah lingkungan. Akibatnya, DSSC saat ini adalah salah satu topik yang paling banyak diteliti oleh peneliti. O'Regan menemukan konsep sensitisasi pigmen, yang melibatkan ekstraksi pigmen dari tanaman untuk mengumpulkan energi dari sinar matahari. Pewarna DSSC terbuat dari pewarna organik dari bagian tumbuhan dan buah-buahan. Contohnya seperti daun, buah, bunga, kulit buah, akar dan kulit kayu yang biasanya mengandung antosianin, klorofil, kurkumin, tannin, serta karoten. Bahan-bahan ini menghasilkan warna terang seperti merah, hitam, ungu, dan oranye. Sel surya yang disintesis dari pewarna organik lebih ramah lingkungan daripada pewarna sintetis.

Pola DSSC yang diciptakan oleh Gratzel dan O'Regan mengadaptasi proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuh-tumbuhan yang menghasilkan energi dengan mengolah makanan menggunakan energi matahari. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia yang memanfaatkan elektrolit sebagai media transfer electron. DSSC memproduksi proses absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik melalui komponen yang berbeda. Dye atau zat warna melakukan proses absorpsi cahaya, dan semikonduktor anorganik nanokristalin melakukan proses separasi muatan listrik. Semikonduktor anorganik nanokristalin yang digunakan contohnya adalah TiO_2 yang memiliki celah pita lebar. Celah pita lebar pada semikonduktor nanokristalin memungkinkan elektron mengalir lebih banyak dari pita konduksi ke pita valensi. Ini membuka lebih banyak ruang untuk fotokatalisis dan absorpsi pigmen dan menghasilkan spektrum yang lebih lebar.

LIVEWORKSHEETS

Eksplorasi (*Engineering*)

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini berdasarkan pemahaman yang kalian dapat dari aktivitas 1. Diskusikan dengan teman jika kesulitan menjawab pertanyaan.

1. Berdasarkan pengetahuan yang kalian dapat dari aktivitas 1, apa perbedaan yang paling menonjol antara sel surya silicon dan DSSC?

   Jawaban :

2. Berdasarkan bentuknya, menurut kalian apa kelebihan dari DSSC? Berdasarkan kelebihan tersebut tuliskan bagaimana potensi penggunaannya!

   Jawaban :

3. Berdasarkan pengetahuan kalian apa yang terjadi pada zat warna organic pada DSSC sehingga terjadi konversi energi?

   Jawaban :

4. Berdasarkan hasil eksplorasi dan diskusi kalian, apa yang dapat disimpulkan dari informasi terkait DSSC?

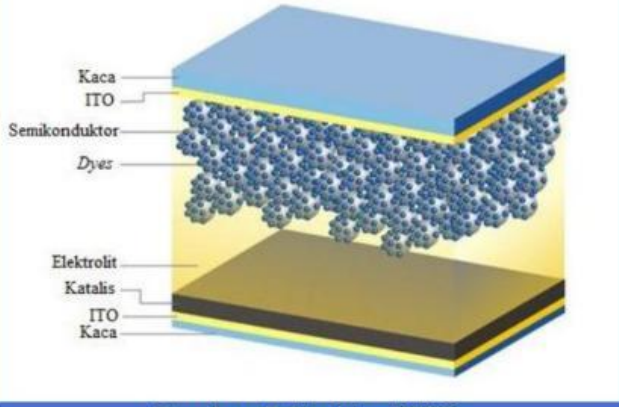
   Jawaban :

LIVEWORKSHEETS

Aktivitas 2
(*Science, Technology*)

Struktur, Komponen dan Prinsip Kerja DSSC

DSSC tersusun dari tiga komponen utama diantaranya elektroda kerja (*working electrode*), elektroda lawan (*counter electrode*), dan larutan elektrolit. Electrode kerja adalah rangkaian substrat kaca konduktif yang dilapisi dengan semikonduktor nanokristalin yang selanjutnya direndam atau ditetesi dengan zat warna (*dye*) agar terserap ke dalam semikonduktor nanokristalin. Komponen selanjutnya yaitu electrode lawan merupakan rangkaian substrat kaca konduktif yang dilapisi oleh lapisan katalisator reaksi redoks. Katalisator yang biasa digunakan adalah platina atau karbon. Komponen ketiga adalah larutan elektrolit yang terletak di antara electroda kerja dan elektroda lawan. Larutan elektrolit berfungsi untuk terciptanya siklus transport electron. Larutan elektrolit yang biasa digunakan adalah pasangan iodide/triiodide (I^-/I_3^-). Lebih jelasnya dari strukstur rangkaian DSSC dapat dilihat dari Gambar 5.



Gambar 5 Struktur DSSC
(Sumber: Setiawan, et al., 2015)

Material yang digunakan pada DSSC terdiri dari substrat kaca, lapisan semikonduktor, zat warna (*dye*), larutan elektrolit, dan elektroda lawan. Pada bagian depan dan belakang DSSC terdapat substrat kaca yang bagian atasnya terdapat lapisan tipis. Lapisan tipis yang transparan di atas substrat kaca ini sangat penting karena memungkinkan cahaya matahari masuk ke dalam sel. Lapisan tipis ini adalah *Transparent Conductive Oxide* (TCO). Substrat kaca TCO ini sangat penting untuk DSSC karena berfungsi sebagai badan rangkaian DSSC itu sendiri dan berfungsi sebagai substrat untuk melapisi kedua elektroda kerja dan lawan. Material TCO adalah lapisan tipis dengan ketebalan kurang lebih 150 nm yang tembus pandang cahaya. Karena sifatnya yang mirip dengan semikonduktor, material ini dapat menghantarkan listrik pada tingkat tertentu. Oleh karena itu, TCO juga dikenal sebagai kaca konduktif. Bahan material yang biasa digunakan sebagai kaca konduktif TCO adalah *indium thin oxide* (ITO) yang dinilai lebih murah dan tidak beracun.

LIVEWORKSHEETS

Pada electrode kerja, substrat kaca dilapisi dengan lapisan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang memiliki sifat yang terletak di antara isolator dan konduktor. Pita valensi berasal dari molekul berikatan (*bonding*) dan pita konduksi berasal dari molekul yang tidak berikatan (*non-bonding*) dalam semikonduktor. Di antara kedua pita terdapat celah yang dikenal sebagai celah pita (*band gap*). Energi celah pita dikenal sebagai energi yang diperlukan untuk menggerakkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi supaya dapat terjadi eksitasi elektron. Energi yang diperlukan untuk menggerakkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi semakin besar jika celah pita dari semikonduktor semakin besar. TiO2 adalah semikonduktor yang paling umum digunakan dalam DSSC. TiO2 adalah semikonduktor yang paling umum digunakan dalam DSSC. TiO2 dikenal tahan terhadap fotokorosi dan korosi oleh bahan kimia karena merupakan bahan semikonduktor yang bersifat *inert*. TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang memiliki sifat optic yang baik dan celah pita yang lebar dengan energi celah pita yaitu 3,2 e V.

Subtract kaca yang telah dilapisi semikonduktor lalu direndam ke dalam zat warna agar bahan semikonduktor dapat menyerap zat warna. Zat warna dalam DSSC berfungsi sebagai komponen yang mengabsorpsi cahaya matahari utnuk menghasilkan electron. Zat warna menyerap cahaya matahari diikuti terjadinya proses separasi muatan, electron dari molekul *dye* akan tereksitasi dari orbital HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) ke orbital LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) yang kemudian electron akan berpindah ke pita konduksi dari semikonduktor. Para peneliti saat ini lebih suka menggunakan zat warna alami untuk DSSC karena dinilai murah, mudah didapat, ramah lingkungan, dan memiliki koefisien serapan tinggi. Oleh sebab itu, elektron yang berasal dari zat warna alami dapat bergerak dari HOMO ke LUMO dan kemudian masuk ke pita konduksi semikonduktor. Kulit buah naga merah, kulit bawang merah, buah strawberry, bunga rosella, dan rimpang temulawak adalah beberapa contoh bagian tumbuhan yang dapat digunakan.

Selain semikonduktor nanokristalin yang berfungsi sebagai elektroda kerja, bahan katalisator juga dideposisikan pada substrat kaca sebagai elektroda lawan. Ion iodide (I^-) dihasilkan oleh elektroda lawan yang dilapisi bahan ini bertindak sebagai bahan katoda. Platina dan karbon adalah material umum yang digunakan sebagai elektroda lawan. Sifat katalitiknya yang baik membuat platina menjadi bahan yang banyak digunakan, tetapi karena biaya platina yang tinggi, para peneliti lebih suka menggunakan karbon sebagai katalis. Selain murah, karbon memiliki luas permukaan yang tinggi dan tingkat katalitik yang sama dengan platina. Kemudian larutan elektrolit ditetesi di antara elektroda kerja dan elektroda lawan.

Elektrolit yang umum digunakan dalam DSSC adalah pasangan redoks iodide/triiodide (I^-/I_3^-). Elektrolit berfungsi sebagai mediator reaksi redoks dan memungkinkan terjadinya siklus transport elektron dalam sel. Selain itu, elektrolit memiliki kemampuan untuk meregenerasi zat warna yang teroksidasi, dan menyempurnakan sirkuit listrik sebagai perantara antara elektroda kerja dan elektroda lawan. Selain iodide/triiodide (I^-/I_3^-) beberapa peneliti juga menggunakan elektrolit pasangan sodium iodide/iodide (NaI/I_2) atau potassium iodide/iodide (KI/I_2).

LIVEWORKSHEETS

Pada rangkaian DSSC konversi fotoelektrik terjadi melalui tiga *interfaces*, yaitu : (1) *interface* dari *dye* dan semikonduktor nanokristalin; (2) *interfaces* dari molekul *dye* dan elektrolit; (3) *interfaces* dari elektrolit dan elektroda. Prinsip kerja dari DSSC adalah reaksi transfer electron atau redoks. Saat cahaya matahari masuk ke DSSC, pada keadaan dasar zat warna akan menyerap energi matahari. Absorpsi foton menyebabkan elektron tereksitasi pada molekul zat warna. Electron bergerak dari state ground (D) ke state excited (D*).

$$D + e^- \rightarrow D^*$$

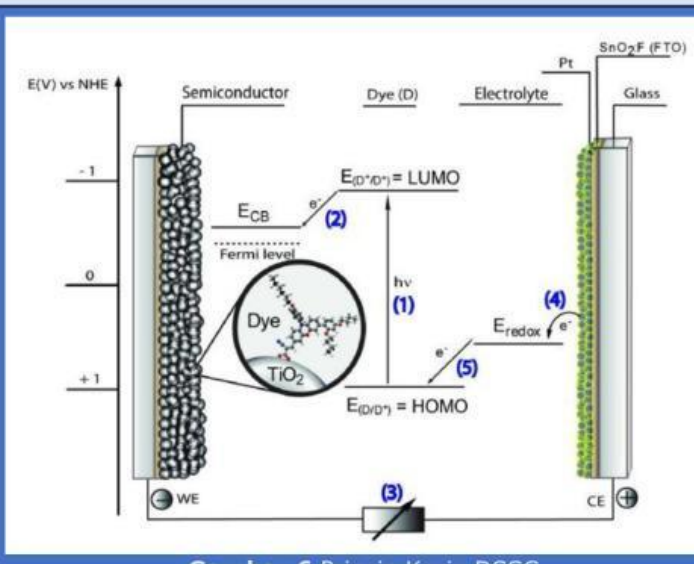
Selanjutnya dari *excited state*, elektron langsung terinjeksi menuju jalur konduksi semikonduktor. Ini menyebabkan molekul zat warna teroksidasi, atau *oxidation state* (D^+). Akibat adanya elektron di elektrolit, molekul elektrolit kembali ke *ground state* untuk mencegah elektron diambil kembali oleh zat warna yang telah teroksidasi.

$$2D^+ + 3e^- \rightarrow I_3^- + 2D$$

Semikonduktor menghantarkan elektron sangat cepat. Setelah mencapai elektroda kerja, elektron mengalir menuju elektroda lawan melalui rangkaian eksternal. Akibat adanya katalis pada elektroda lawan, elektron diterima oleh elektrolit, sehingga lubang I_3^- yang terbentuk pada elektrolit berekombinasi dengan electron dari proses sebelumnya untuk membentuk iodide (I^-).

$$I_3^- + 2e^- \rightarrow 3I^-$$

Iodide yang terbentuk digunakan agar tercipta siklus transport electron untuk mendonorkan elektron kepada molekul zat warna yang teroksidasi. Hal ini memungkinkan transformasi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Lebih jelas, prinsip kerja DSSC dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6 Prinsip Kerja DSSC
(Sumber: Setiawan, et al., 2015)

LIVEWORKSHEETS