

## Jendela masa depan

Sekitar 100 tahun yang lalu ada seorang ahli kimia yang secara tidak sengaja memperhatikan suatu kejadian aneh yang menuntunnya pada penemuan hebat. Pria Inggris ini memiliki seekor anjing yang saat itu sedang sakit perut. Anjing itu diberi obat yang mengandung zat quinin bisulfat. Anjing itu kemudian bermain-main di dekat sebuah wadah berisi bahan kimia  $I_2$  (yodium). Kemudian secara tidak sengaja anjing itu buang air kecil di atas yodium tersebut. Tiba-tiba yodium yang sudah terkena sulfat tersebut berubah warna menjadi kristal-kristal hijau. Ilmuwan Inggris itu pun langsung tertarik dan mempelajari kristal-kristal tersebut. Belakangan ia menemukan bahwa kristal-kristal itu mampu memblokir gelombang cahaya! Tapi apa artinya penemuan ini? Saat itu belum ada yang mengira bahwa penemuan ini nantinya akan sangat mempengaruhi dunia industri dan teknologi, terutama teknologi yang berkaitan dengan industri kaca dan plastik.

Beberapa puluh tahun sesudah kejadian tersebut, Edwin Land (penemu kamera Polaroid) berhasil mengaplikasikan penemuan ini sebagai lapisan pada lensaacamata. Lensaacamata itu mampu menyerap cahaya sehingga mata si pemakai terhindari dari kerusakan akibat gelombang ultraviolet dari sinar matahari. Lensaacamata ini termasuk *Suspended Particle Device* (SPD) karena memiliki lapisan yang mengandung partikel-partikel sejenis kristal-kristal hijau tadi. Ternyata perkembangan teknologi SPD tidak hanya terbatas pada lensaacamata saja. Kini jendela-jendela dan kaca pada bangunan rumah dan gedung pun mulai dilapisi partikel-partikel penghambat cahaya ini.

Jendela masa depan yang mampu mengendalikan jumlah cahaya yang masuk ini tersusun dari beberapa lapisan yang membungkus partikel-partikel penghambat cahaya tadi. Partikel-partikel tersebut berada di lapisan paling dalam. Supaya dapat bergerak bebas, partikel-partikel tersebut dilarutkan dalam fluida cair sehingga membentuk suspensi atau film. Lapisan ini dibungkus oleh lapisan kaca (gelas) atau plastik yang sudah dilumuri bahan konduktor yang transparan. Saat ada aliran listrik yang dihantarkan oleh bahan konduktor tersebut, partikel-partikel dalam film langsung membentuk garis lurus (tidak lagi acak) sehingga

gelombang cahaya bisa lewat dan kaca terlihat bening (transparan). Jika beda potensial dikurangi, partikel-partikel ini mulai membentuk pola yang tidak beraturan sehingga celah yang bisa dilewati cahaya semakin kecil. Saat itu terjadi, jendela terlihat semakin gelap. Jika beda potensial terus dikurangi sampai mencapai 0 (aliran listrik dihentikan) maka jendela kaca akan terlihat hitam dan gelap karena tidak ada lagi celah yang bisa dilewati cahaya (Gambar 1).



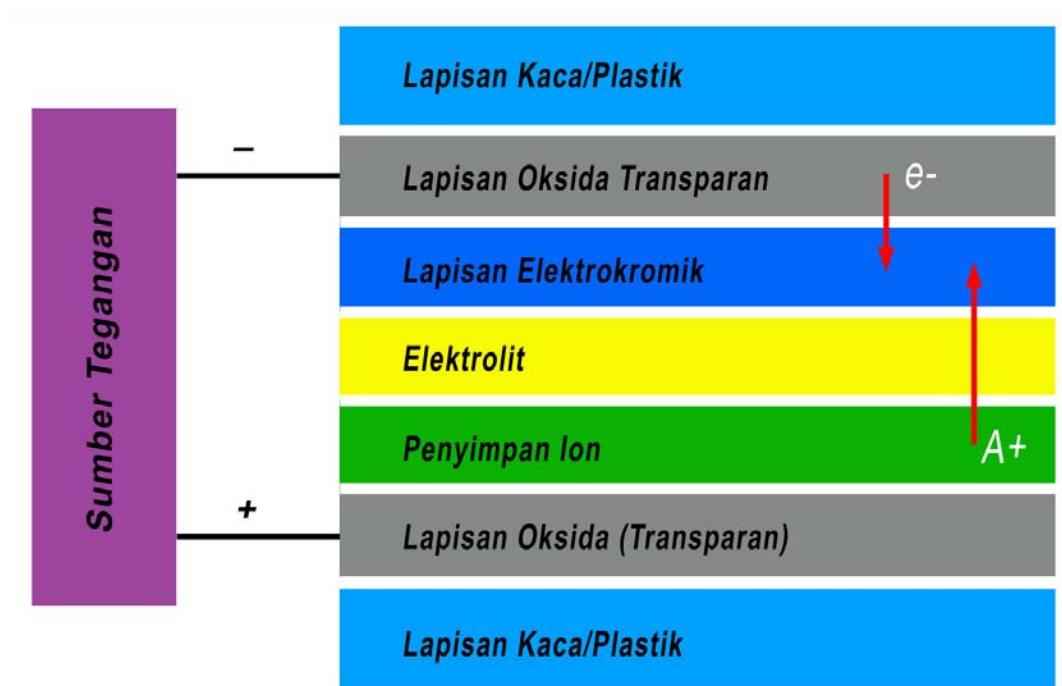
Untuk mengatur jumlah listrik yang mengalir ini SPD dilengkapi dengan alat kendali dalam dua tipe: otomatis dan manual. Alat kendali yang otomatis biasanya memanfaatkan sel-sel yang sangat sensitif terhadap cahaya (*photocell*) sehingga otomatis berubah saat terjadi perubahan intensitas cahaya. Alat kendali yang dioperasikan secara manual biasanya berbentuk *remote control* atau *rheostat*. Teknologi SPD ini sudah banyak diaplikasikan pada berbagai produk yang banyak kita gunakan sehari-hari (selain kacamata dan kaca jendela) termasuk atap rumah yang terbuat dari kaca dan pada layar monitor komputer.

Selain teknologi SPD, ada beberapa alternatif lain untuk membuat jendela masa depan. Alternatif-alternatif yang paling menjanjikan adalah teknologi kristal cair (*liquid crystal*) dan teknologi elektrokromik.

Teknologi *Liquid Crystal* sudah banyak digunakan di sekeliling kita. Mulai dari layar kalkulator, *stopwatch*, timer pada oven *microwave*, jam digital, televisi, sampai monitor komputer. Semua peralatan tersebut memakai kristal cair pada layar tampilannya. *Liquid Crystal Display* atau lebih dikenal sebagai LCD juga memanfaatkan listrik untuk mengubah-ubah bentuk kristal-kristal cairnya sehingga bisa membentuk tampilan angka dan huruf pada layar. Teknik yang sama diaplikasikan untuk kaca jendela. Kristal cair yang digunakan untuk kaca

jendela ini didispersikan dalam bahan polimer sehingga teknologinya disebut *Polymer Dispersed Liquid Crystal* (PDLC). Saat kristal cair mendapat aliran listrik, molekul-molekulnya langsung berbaris membentuk susunan paralel sehingga cahaya bisa lewat (prinsipnya mirip dengan teknologi SPD). Pada kondisi ini jendela terlihat transparan. Sewaktu listrik tidak lagi mengalir, molekul-molekul kristal cair ini kembali pada bentuknya semula (acak) sehingga cahaya tidak bisa menembusnya. Pada kaca jendela yang menggunakan PDLC ini tidak ada keadaan antara (yaitu ada sebagian cahaya yang bisa lewat saat beda potensial listrik dikurangi) seperti pada SPD. Teknologi PDLC ini sudah banyak digunakan pada kaca jendela di bangunan perkantoran dan rumah-rumah.

Ada satu kelemahan utama SPD dan PDLC. Untuk mempertahankan kondisi kaca transparan, kedua teknologi ini membutuhkan aliran listrik secara terus-menerus. Jika listrik dihentikan maka kaca langsung menjadi gelap. Hal ini membuatnya sangat tidak efisien dalam hal penggunaan energi. Teknologi elektrokromik (*electrochromic window*) merupakan alternatif yang menawarkan pemecahan permasalahan ini. Pada jendela elektrokromik, aliran listrik justru membuat kaca tampak gelap (kebalikan dari SPD dan PDLC). Aliran listrik yang digunakan hanya memerlukan beda potensial yang rendah (*low voltage*). Gambar 2 menunjukkan lapisan-lapisan kaca jendela yang menggunakan teknologi elektrokromik.



Lapisan terluar merupakan lapisan kacanya sendiri (bisa juga terbuat dari bahan plastik), yang berfungsi sebagai pelindung lapisan-lapisan di dalamnya. Lapisan kedua yang tepat di bawah lapisan kaca tersebut merupakan lapisan oksida yang transparan (bening) dan bersifat konduktor. Lapisan ketiga ini merupakan lapisan bahan yang bersifat elektrokromik, umumnya yang digunakan adalah oksida tungsten ( $\text{WO}_3$ ). Lapisan keempat merupakan bahan elektrolit (bahan konduktor ion), dan lapisan kelima merupakan lapisan yang merupakan tempat berkumpulnya ion-ion. Lapisan-lapisan ini kemudian ditutup lagi oleh lapisan oksida dan lapisan kaca yang sama dengan lapisan kedua dan pertama tadi sehingga bentuk susunan lapisan-lapisannya seperti roti isi (*sandwich*). Seluruh tujuh lapisan ini dapat melewatkan gelombang cahaya tampak (transparan) saat tidak diberi tegangan.

Adanya beda potensial yang rendah (adanya aliran elektron dari kutub negatif sumber tegangan menuju kutub positifnya) antara kedua lapisan oksida yang membungkus tiga lapisan dalam menyebabkan terjadinya transfer ion yang bermuatan positif atau anion ( $A^+$ ) menuju lapisan elektrokromik. Ion positif ini bisa merupakan anion hidrogen atau lithium. Anion didorong melalui lapisan elektrolit sehingga bisa sampai ke lapisan elektrokromik. Adanya anion di lapisan elektrokromik ini menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik optis dan sifat termal bahan sehingga dapat menyerap gelombang cahaya tampak. Panas matahari yang menyertai gelombang cahaya tampak juga diserap oleh bahan elektrokromik ini. Karena gelombang cahayanya diserap, kaca jendela menjadi terlihat gelap (*opaque*). Sewaktu aliran listrik dihentikan, anion yang ada di lapisan elektrokromik tadi terdorong lagi keluar melalui elektrolit dan kembali ke tempat penyimpanan ion (tempatnya semula). Karena lapisan elektrokromik tidak lagi mengandung anion, karakteristik optisnya kembali ke semula sehingga kaca kembali menjadi transparan.

Seperti SPD, intensitas cahaya yang bisa melewati jendela elektrokromik ini juga bisa diatur sehingga kita bisa mendapatkan kondisi masukan sinar matahari yang sesuai keinginan kita (Gambar 1). Jendela pintar ini tidak hanya memberi kita kendali untuk mengatur intensitas cahaya dalam ruangan, tetapi juga

memberi kita kemudahan untuk mengatur kondisi suhu ruangan dengan mengubah sifat termal lapisan elektrokromiknya. Dengan teknologi ini, kita bisa mengurangi pengeluaran untuk berbagai peralatan elektronik lain semacam pendingin ruangan atau *air conditioner* (AC). Efisiensi energi merupakan kelebihan utama jendela masa depan ini. (*Yohanes Surya*,).