

Teknologi layar (display technology) bisa jadi kini merupakan salah satu teknologi yang paling berkembang mengiringi pesatnya laju teknologi informasi (information technology / IT). Mari kita lihat produk yang termasuk hasil teknologi layar sekitar kita; mulai dari televisi yang setia menampilkan berita terkini, layar LCD (liquid crystal display) pada ponsel hingga monitor layar datar komputer yang beresolusi tinggi. Semua informasi berupa gambar yang ditampilkan dari sumber berita akan diteruskan oleh layar ke mata pengguna, tidak heran bila teknologi layar disebut pula dengan istilah Human-Machine Interaction.

Jika kenderungan bentuk produk layar kita perhatikan dari waktu ke waktu, maka akan terlihat bentuk layar yang semakin lebar namun juga semakin tipis. Tengoklah penyusutan layar televisi dan monitor komputer yang pada awalnya menggunakan teknologi CRT (cathode-ray tube) yang tebal dan berat, sekarang menjadi layar LCD yang sangat ramping, ringan, lebih lebar dengan tampilan warna lebih baik dari CRT, dan tentu saja hemat energi.

Berkat Nanoteknologi

Menyusutnya dimensi produk teknologi informasi tidak terlepas penemuan material-material baru dan jasa nanoteknologi yang berhasil meminiaturisasi proses dan produk secara revolusioner dari skala makro ke skala nanometer (se-per milyar meter). Salah satu hasil nanoteknologi untuk dimanfaatkan pada teknologi layar ialah material yang dikenal dengan Transparent Conducting Oxide disingkat TCO atau material oksida transparan konduktif. Material ini disebut transparan karena dalam ketebalan yang sangat tipis -sekitar 150 nanometer- ia bersifat tembus pandang terhadap cahaya tampak, dan disebut pula konduktif karena material ini bersifat pula layaknya semikonduktor yang dapat menghantarkan listrik dalam taraf tertentu, perumpamaannya ibarat "tembaga tembus pandang"™. Melalui pemanfaatan nanoteknologi, yakni melalui teknologi pelapisan skala nanometer dengan jalan mengevaporasikan (menguapkan) material oksida ke atas sebuah substrat kaca, akan diperoleh sebuah lapisan material TCO dengan ketebalan bervariasi antara 100 hingga 200 nanometer, sesuai dengan keinginan kita.

Bila kita membedah isi layar, semisal layar LCD, maka akan terlihat lapisan-lapisan komponen penyusunnya. Dikarenakan sifatnya yang transparan dan konduktif, material TCO menempati peran sebagai lapisan luar sekaligus lapisan elektroda (kutub negatif dan positif) yang mengalirkan arus listrik dari sumber arus searah DC dan juga sebagai lapisan yang meneruskan gambar ke mata pengguna.

Dewasa ini material TCO yang paling banyak dimanfaatkan secara komersial ialah Indium-Tin Oxide atau ITO yang merupakan paduan yang terdiri atas sepersepuluh timah oksida dan sisanya indium oksida. Hampir dapat dipastikan semua layar LCD atau layar flat generasi mutakhir memanfaatkan material ITO sebagai bahagian dari komponennya. Hal ini dimaklumi karena material oksida ITO inilah yang menunjukkan performa tinggi dari segi transparansi terhadap cahaya tampak dan tingkat konduktivitas yang tinggi.

Mengapa bisa Transparan dan Konduktif ?

Pada umumnya, material inorganik oksida (unsur yang bersenyawa dengan oksigen) pada ukuran yang sangat tipis bersifat tembus cahaya. Hal ini dikarenakan adanya celah energi (gap) antara pita valensi dengan pita konduksi yang jamak terdapat pada material semikonduktor. Berbeda dengan logam yang tidak memiliki celah energi, dalam material semikonduktor celah ini menghalangi pergerakan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Elektron baru dapat bergerak mengatasi celah ini (atau lebih dikenal dengan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi) apabila ia mendapatkan energi yang lebih besar dari lebar celah yang dinyatakan pada besaran elektron-volt (eV). Kita dapat mengimajinasikan seorang anak yang hendak melompati anak sungai kecil dengan lebar sekian meter. Si Anak dapat melompati anak sungai dengan jalan melompat dengan tenaga yang cukup untuk mengatasi lebar anak sungai, seperti itulah pula elektron yang membutuhkan energi untuk dapat "melompat" guna mengatasi celah energi.

Darimanakah elektron di dalam TCO mendapatkan energi untuk mengatasi celah tersebut? Dari cahaya (atau lebih tepatnya partikel cahaya yang disebut dengan foton) yang mengenai permukaan material TCO. Dikarenakan lebar celah ini berada pada kisaran 3,2 eV atau setara dengan panjang gelombang elektromagnetik 320 nm (ultraviolet), maka hanya foton dengan energi setara atau lebih besar dari 3,2 eV yang mampu mengeksitasi elektron mengatasi celah ini. Sedangkan, foton dengan energi lebih kecil dari celah tidak akan mampu mengeksitasi elektron, sehingga foton ini hanya akan ditransmisikan atau diteruskan. Foton yang diteruskan inilah yang berada pada kisaran spektrum cahayanya tampak karena cahaya ini energinya lebih kecil dari 3,2 eV. Itulah mengapa, material TCO bersifat transparan karena ia dapat "ditembus" oleh cahaya tampak.

Di sisi lain, sifat konduktif TCO disebabkan oleh karakteristik ikatan kimiawinya yang berjenis ikatan ionik (ikatan antara logam dengan oksigen) yang memungkinkan atom terlepas dengan sendirinya dari posisi normalnya ke posisi lain yang pada akhirnya menyebabkan pula elektron terlepas pula di dalam struktur oksida tersebut. Seiring banyaknya atom yang terlepas dari posisi normalnya maka semakin banyak pula jumlah elektron di dalam material TCO, sehingga

apabila kita mengalirkan arus listrik ke material tersebut, maka elektron tersebut akan menghantarkan arus listrik sehingga material ini bersifat konduktif.

Masa Depan TCO

Perkembangan IPTEK yang selalu berkembang membawa beberapa pendekatan baru pada penelitian dan pengembangan material TCO guna keperluan teknologi layar yang jauh lebih efisien, ekonomis dengan performa yang sama atau bahkan lebih baik. Apabila selama ini material TCO komersil yang dipakai ialah ITO, maka saat ini tengah diusahakan untuk mencari material alternatif yang jauh lebih murah, salah satunya yakni paduan inorganik jenis seng-oksida dengan beberapa persen alumina atau galium oksida.

Hasil eksperimen hasil kolaborasi antara laboratorium dengan melibatkan perusahaan elektronik saat ini membuktikan bahwa material jenis ini sudah mendekati performa ITO dalam sifat transparan dan daya hantar listriknya.

Perkembangan yang menggembirakan ini dirasakan menjawab tantangan akan kelangkaan bahan Indium dan juga harganya yang sangat mahal, dibandingkan dengan unsur seng oksida dan alumina yang berlimpah dan murah, sehingga memiliki prospek cerah untuk menggantikan ITO di kemudian hari.