

CD-ROM

Dewasa ini, piringan optik (sebagai kebalikan dari piringan magnetik) telah tersedia. Piringan ini memiliki densitas rekaman (penyimpanan) yang jauh lebih tinggi dibanding piringan magnetik konvensional. Piringan optik mula-mula dikembangkan untuk merekam acara-acara (program-program) TV, tetapi piringan ini dapat dipakai pada penggunaan yang lebih estetik sebagai piranti penyimpanan komputer. Mengingat kapasitasnya yang secara potensial sangat besar, piringan optik telah menjadi subjek dari banyak riset dan telah mengalami evolusi yang demikian pesat.

Piringan optik generasi pertama ditemukan oleh konglomerat elektronik Belanda, Philips, untuk menyimpan film-film bioskop. Piringan ini memiliki diameter 30 cm dan dipasarkan dengan nama Laser Vision, tetapi tidak menyebar luas, kecuali di Jepang.

Pada tahun 1980, Philips, bersama-sama dengan Sony, menembangkan CD (Compact Disk), yang dengan cepat menggantikan rekaman vinil 33 1/3 RPM untuk musik. Detail-detail teknis terperinci untuk CD telah dipublikasikan dalam International Standard (IS 10149) resmi, yang populer disebut **Red Book**, sesuai dengan warna sampulnya. International Standard diterbitkan oleh Organisasi Internasional untuk Standarisasi, yang merupakan partner internasional dari kelompok standar nasional seperti ANSI, DIN dan sebagainya. Masing-masing memiliki nomor IS. Maksud mempublikasikan spesifikasi piringan dan drive sebagai standar internasional adalah guna memungkinkan CD-CD dari penerbit musik berbeda dan player dari produsen-produsen elektronik berbeda dapat bekerja sama. Semua CD memiliki diameter 120 mm dan tebal 1,2 mm, dengan lubang 15 mm di bagian tengahnya. CD audio merupakan media penyimpanan digital pasar massal pertama yang tergolong sukses. CD ini dianggap dapat bertahan sampai 100 tahun. Kita lihat nanti pada tahun 2080 untuk suatu pembaruan kinerja dari generasi pertama ini.

Sebuah CD dipersiapkan dengan menggunakan laser Infra merah berkekuatan tinggi untuk membakar lubang-lubang berdiameter 0,8 mikron dalam sebuah piringan master kaca berlapis dari piringan master ini cetakan dapat dibuat, dengan tonjolan-tonjolan tempat dimana lubang-lubang laser dibuat. Dalam cetakan ini resin polikarbonat leburan diinjeksikan untuk membentuk sebuah CD dengan pola lubang yang sama seperti master kaca. Lalu lapisan aluminium reflektif yang sangat tipis

ditambahkan diatas polikarbonat, ditutup dengan lacquer protektif dan terakhir diberi label. Lekukan-lekukan pada substrat polikarbonat disebut pit; area-area yang tak terbakar diantara pit-pit disebut land.

Ketika diputar ulang (dimainkan), dioda laser daya- rendah menyalakan lampu infra-merah dengan panjang-gelombang 0,78 mikron pada pit dan land ketika pit dan land diputar. Laser berada pada titik poli karbonat, sehingga pit menjorok ke arah laser sebagai tonjolan-tonjolan pada permukaan yang sebelumnya rata. Disebabkan pit memiliki tinggi seperempat panjang-gelombang dari sinar laser, maka sinar yang merefleksikan sebuah pit akan memiliki panjang –gelombang setengah fase dari sinar yang merefleksikan dari permukaan sekitarnya. Sebagai hasilnya, dua bagian ini saling berinteraksi secara destruktif atau (saling meniadakan); dan mengembalikan sinar yang lebih kecil kepada Fotodetektor player dibandingkan dengan sinar yang memantul dari land. Dengan cara ini player dapat membedakan sebuah pit dari sebuah land. Meskipun dapat nampak dari paling sederhana untuk menggunakan sebuah pit untuk merekam bilangan 0 dan sebuah land untuk merekam bilangan 1, namaun akan lebih andal untuk menggunakan sebuah transisi pit / land atau land / pit untuk bilangan 1 dan ketiadaan transisi itu sebagai bilangan 0, sehingga skema ini dapat digunakan.

Pit dan land dituliskan dalam suatu spiral kontinu tunggal yang dimulai di dekat lubang tengah dan berjejer dengan jarak 32 mm kearah tepi. Spiral ini menciptakan 22.188 revolusi di seluruh piringan (sekitar 600/mm). Jika tidak terlipat, spiral ini akan mencapai panjang 5,6 Km . Spiral ini diilustrasikan pada gambar.

Untuk membuat musik dapat dimainkan pada tingkat (kecepatan) seragam, kiranya diperlukan keseragaman kecepatan agar pit dan land dapat ditelusuri pada kecepatan linier konstan. Sebagai akibatnya kecepatan rotasi CD harus terus menerus dikurangi ketika head pembaca bergerak dari bagian dalam CD ke arah luar. Pada bagian dalam, kecepatan rotasinya adalah 530 RPM untuk mencapai kecepatan penelusuran yang dikehendaki sebesar 120 cm/detik ; pada bagian luar kecepatan rotasi itu harus diturunkan menjadi 200 RPM untuk memberikan kecepatan linier yang sama pada head. Drive kecepatan linier konstan adalah sangat berbeda dari drive piringan magnetik, yang beroperasi pada kecepatan anguler konstan,. Tidak tergantung pada posisi dimana head saat ini diletakan. Selain itu, kecepatan sebesar 530 RPM adalah sangat jauh berbeda dari kecepatan sebagian besar piringan magnetik yang berputar antara 3600 sampai 7200 RPM.

Pada tahun 1984, Philips dan Sony menyadari potensi untuk menggunakan CD untuk menyimpan data komputer, sehingga mereka mempublikasikan **Yellow Book** yang mendefinisikan standar presisi untuk apa yang saat ini disebut **CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)** . Untuk diikutsertakan pada pasar CD audio yang sudah besar, maka CD-ROM harus memiliki ukuran fisik yang sama dengan CD audio, kompatibel secara mekanis dan secara optis dengan CD audio, dan diproduksi dengan menggunakan mesin-mesin pencetak penyuntik polikarbonat yang sama. Konsekuensi-konsekuensi dari keputusan ini yaitu bahwa motor-motor kecepatan bervariasi yang rendah akan diperlukan, tetapi juga bahwa biaya pembuatan CD-ROM akan jauh dibawah satu dollar dalam volume sedang.

Apa yang didefinisikan oleh Yellow Book adalah format data komputer . Buku ini juga memperbaiki kemampuan-koreksi kesalahan pada sistem, yang merupakan suatu langkah esensial sebab meskipun pecinta musik tidak begitu peduli dengan kehilangan satu bit disana-sini, namun para pecinta komputer sangat rewel mengenai masalah ini. Format dasar dari sebuah CD-ROM terdiri atas pengkodean (encoding) setiap byte dalam simbol 14-bit. Sebagaimana yang telah kita lihat di atas, 14-bit adalah mencukupi untuk Hamming encode satu byte 8-bit dengan 2 bit disisakan Pada kenyataannya., Sistem encoding yang lebih kuat telah digunakan. Pemetaan 14-sampai-8 untuk pembacaan dilakukan didalam perangkat keras dengan table *lookup*.

Pada lebih tinggi berikutnya, satu kelompok yang terdiri atas 42 simbol konsekutif membentuk frame 588-bit. Setiap frame menyimpan 192 bits data (24 bytes). Sisanya sebanyak 396 bits digunakan untuk kontrol dan koreksi kesalahan sejauh ini, skema ini identik untuk CD audio dan CD-ROM.

Apa yang ditambahkan oleh Yellow Book adalah pengelompokan 98 frame kedalam satu **sektor CD-ROM**, seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah ini. Setiap sektor Cd-ROM dimulai dengan permulaan 16-byte, dimana 12 pertama diantaranya adalah 00FFFFFFFFFFFFFFFFFFFF00 (heksadesimal). Guna memungkinkan player untuk mengenali permulaan sebuah sektor CD-ROM. Tiga byte berikutnya berisi bilangan sektor yang dibutuhkan; sebagai pencari pada sebuah CD-ROM dengan sepilar data tunggalnya akan lebih sukar dibandingkan pada sebuah piringan manetik dengan jalur-jarut (track) konsentri seragamnya. Untuk mencari, perangkat lunak di dalam drive menghitung kira-kira mau bergerak ke mana, memindahkan head ke tempat tersebut, dan kemudian mulai mencai permulaan untuk melihat seberapa baik tebakannya. Byte terakhir pada permulaan adalah mode.

Yellow Book mendefinisikan dua mode. Mode 1 menggunakan layout pada Gambar, dengan permulaan 16-byte, 2048 data bytes dan kode koreksi-kesalahan 288-byte (kode Reed Solomon) saling-silang [crossinterleaved]. Mode 2 menggabungkan bidang data dan bidang ECC menjadi satu bidang data 2336-bytes untuk aplikasi-aplikasi yang tidak memerlukan atau tidak ada waktu untuk melakukan koreksi kesalahan, seperti audio dan video.

Perhatikan bahwa untuk memberikan keandalan yang sempurna, tiga skema koreksi- kesalahan terpisah telah digunakan : di dalam suatu simbol, didalam suatu frame, dan dalam satu sektor CD ROM . kesalahan-kesalahan bit-tunggal dikoreksi pada level simbol, kesalahan- kesalahan picuan pendek dikoreksi pada level frame., dan semua kesalahan yang lainnya ditampung dan dikoreksi pada level frame. Dan semua kesalahan yang lainnya ditampung dan dikoreksi pada level sektor. Harga yang dibayar untuk keandalan ini yaitu bahwa diperlukan 98 frame dengan 588 bits masing-masingnya (7203 bytes) untuk melaksanakan satu payload 2048- byte tunggal, sebuah efisiensi yang hanya sebesar 28 persen saja.

CD-ROM drive kecepatan- tunggal beroperasi pada kecepatan 75 sektor/detik, yang memberikan kecepatan data sebesar 153.600 bytes/detik dalam mode 1 dan 175.200 bytes/detik dalam mode 2. Drive kecepatan-ganda adalah dua kali lebih cepat, begitu seterusnya hingga kecepatan tertinggi. CD audio standar memiliki ruangan untuk 74 menit musik yang , bila digunakan untuk data mode 1, memberikan kapasitas sebesar 681.984.000 bytes. Angka ini biasanya dilaporkan sebagai 650 MB sebab 1 MB adalah 2^{20} bytes (1.048.576 Bytes), bukan 1.000.000 bytes.

Perhatikan bahwa sebuah CD-ROM drive 32x (4.915.200 bytes/ dtk) tidak sebanding dengan sebuah disk drive magnetik SCSI-2 cepat pada kecepatan 10 MB/ dtk, meskipun banyak banyak CD-ROM drive menggunakan interface SCSI (IDE CD-ROM drive juga ada). Bila anda menyadari bahwa waktu pencarian (seek time) biasanya adalah beberapa ratus milidetik, maka pasti jelas bahwa CD-ROM drive tidak berada dalam kategori kinerja yang sama dengan disk drive magnetik, meskipun memiliki kapasitas yang besar.

Pada tahun 1986, Philips sekali lagi menyodok dengan **Green Book**, yang menambahkan grafik dan kemampuan untuk menyatukan audio, video, dan data dalam sektor yang sama, suatu kemampuan yang sangat penting bagi CD-ROM Multimedia.

Bagian terakhir pada puzzle CD-ROM adalah sistem file. Guna memungkinkan untuk menggunakan CD-ROM yang sama pada komputer-komputer berbeda, kesepakatan diperlukan tentang sistem file CD-ROM. Untuk mendapatkan kesepakatan ini wakil-wakil banyak perusahaan komputer bertemu di Lake Tahoe, di High Sierras pada perbatasan Calofornia-Neveda dan menciptakan sebuah sistem file yang mereka sebut **High Sierra**. Sistem ini belakangan berkembang menjadi Standar Internasional

(IS 9660). Sistem ini memiliki tiga level. Level 1 menggunakan nama-nama file (maksimum 8 karakter) yang secara opsional diikuti dengan nama ekstensi (maksimum 3 karakter) (konvensi penamaan file MS-DOS). Nama-nama file hanya dapat memuat huruf-huruf besar, digit, dan underscore saja. Direktori dapat dibuat hingga mencapai 8 tingkat tetapi nama-nama direktori tidak dapat memuat ekstensi. Level 1 memerlukan semua file dibuat berdampingan, yang bukan merupakan masalah pada media yang hanya sekali dituliskan. Setiap CD-ROM yang sesuai dengan level 1 IS 9660 dapat dibaca dengan menggunakan MS-DOS, komputer Apple, komputer UNIX, atau hampir semua komputer lainnya. Penerbit-penerbit CD-ROM memenadang properti ini sebagai kelebihan yang besar.

Level 2 IS 9660 memungkinkan penamaan hingga mencapai 32 karakter, dan level 3 memungkinkan file-file tidak berdampingan. Ekstensi-ekstensi Rock Ridge (yang secara aneh mengambil nama dari kota dalam film Gene Wilder, *Blazing Saddles*) memungkinkan nama-nama yang sangat panjang (untuk UNIX), UID, GID, dan link-link simbolik, tetapi CD-ROM yang tidak sesuai dengan level 1 tidak akan dapat dibaca pada semua komputer.

CD-ROM telah menjadi luar biasa populernya untuk mempublikasikan games, film, multimedia, atlas, dan karya-karya referensi dengan segala jenis. Sebagian besar perangkat lunak komersial saat ini muncul pada CD-ROM. Kombinasi antara kapasitas besar dan biaya manufacturing yang rendah membuat CD-ROM sangat cocok dengan aplikasi-aplikasi yang tak terhitung jumlahnya.

CD-Recordable

Pada awalnya peralatan yang dibutuhkan untuk menghasilkan CD-ROM master (atau CD audio, dalam hal ini) adalah sangat mahal. Tetapi sebagai mana biasanya dalam industri komputer, tidak ada yang tetap dianggap mahal untuk waktu yang lama. Sampai pertengahan dasawarsa 1990-an, perekam-perekam CD yang tidak lebih besar dari CD player merupakan suatu hal yang umum yang tersedia di sebagian besar toko komputer. Piranti-piranti tersebut masih berbeda dari piringan magnetik sebab sekali dituliskan, CD-ROM tidak dapat dihapus.

Meskipun demikian, piranti ini dengan cepat menemukan tempat sebagai media *back up* yang cukup besar untuk hard disk dan juga memungkinkan individu-individu atau perusahaan-perusahaan startup untuk membuat CD-ROM small-run mereka sendiri atau membuat master untuk dikirimkan pada pabrik-pabrik duplikasi CD komersial dengan jumlah besar. Drive-drive tersebut dikenal sebagai **CD-R (CD-Recordable)**.

Secara fisik CD-R dimulai dengan CD polikarbonat kosong (blank) berdiameter 120 mm yang sama dengan CD-ROM, kecuali bahwa CD ini berisi suatu alur dengan lebar 0,6 mm untuk memandu/mengarahkan laser pada waktu penulisan. Alur ini memiliki ekskursi sinusoidal sebesar 0,3 mm pada frekuensi persis sebesar 22,05 kHz guna memberikan umpan-balik kontinu sehingga kecepatan rotasi dapat dimonitor dengan akurat dan disesuaikan jika dianggap perlu. CD-R terlihat sama seperti CD-ROM biasa, kecuali bahwa CD ini berwarna emas pada bagian atasnya bukan berwarna perak.

Warna emas berasal dari penggunaan emas murni bukannya aluminium sebagai lapisan reflektif. Tidak seperti CD perak, yang memiliki depresi-depresi (lekukan-lekukan) fisik di atasnya, pada CD-R reflektivitas yang berbeda antar pit dan land harus dibuat tiruannya. Ini dilakukan dengan cara menambahkan lapisan pewarna di antara polikarbonat dan lapisan emas reflektif, seperti yang diperlihatkan pada Gambar dibawah ini.

Biasanya digunakan dua jenis pewarna, yaitu: cyanine yang berwarna hijau, dan phthalocyanine, yang berwarna oranye kekuning-kuningan. Pakar-pakar kimia dapat berdebat terus menerus tentang jenis nama yang lebih baik. Pewarna-pewarna tersebut serupa dengan warna yang digunakan dalam fotografi, yang menjelaskan mengapa Kodak dan Fuji merupakan produsen-produsen utama untuk CD-R.

Pada keadaan awalnya, lapisan pewarna adalah transparan dan memungkinkan sinar laser dapat lolos (menerobos) dan memantul pada lapisan emas. Untuk menulis, laser CD-R diubah menjadi berdaya tinggi (8-16 mW). Ketika sinar mengenai satu titik pewarna, sinar ini memanaskannya, dan akan menguraikan/melepaskan ikatan kimia. Perubahan terhadap struktur molekuler ini menciptakan noda. Ketika dibaca kembali (pada 0,5 mW), foto-detektor melihat suatu perbedaan diantara noda-noda (titik-titik) hitam di mana pewarna telah mengengainya dan area-area transparan di mana detektor itu menembusnya. Perbedaan ini diinterpretasikan sebagai perbedaan antara pit dan land, bahkan ketika dibaca kembali pada pembaca CD-Rom reguler atau bahkan pada pemutar-ulang/player CD audio.

Tidak ada jenis CD baru yang dapat mempertahankan head-nya dengan bangga tanpa buku berwarna, sehingga CD-R memiliki **Orange Book**, yang dipublikasikan pada tahun 1989. Dokumen ini mendefinisikan CD-R dan juga sebuah format baru, yakni **CD-ROM XA**, yang memungkinkan CD-R untuk ditulis secara inkremental, beberapa sektor hari ini, beberapa lagi esoknya, dan beberapa sektor di bulan berikutnya. Satu kelompok sektor konsekutif yang ditulis sekaligus disebut track CD-ROM.

Salah satu penggunaan perdana CD-R adalah untuk **Kodak Photo CD**. Dalam sistem ini pelanggan membawa satu gulung film yang sudah dipakai dan Photo CD lama miliknya ke prosesor foto dan mendapatkan kembali Photo CD yang sama dengan gambar-gambar baru yang ditambahkan sesudah gambar-gambar lama. Generasi baru, yang diciptakan melalui proses scanning film-film negatif, dituliskan di atas **Photo CD** sebagai satu **CD-ROM track** tersendiri. Penambahan tulisan diperlukan sebab CD-R kosong terlalu mahal untuk dapat menghasilkan CD yang baru dari setiap roll film.

Tetapi bagaimanapun juga, penambahan tulisan menciptakan masalah baru. Sebelum Orange Book diterbitkan, semua CD-ROM memiliki satu **VTOC** (Volume Table of Contents) tunggal pada permulaan. Skema ini tidak berfungsi dengan tulisan tambahan (yakni, multitrack). Solusi Orange Book adalah dengan memberikan sebuah

VTOC sendiri kepada setiap track CD ROM. File-file yang tercantum pada VTOC dapat mencakup sebagian atau semua file yang berasal dari track-track sebelumnya. Setelah CD-R dimasukkan ke dalam drive, sistem pengopersian akan mencari melalui semua track CD-R untuk menemukan VTOC yang paling mutakhir, yang memberikan status piringan saat itu. Dengan menyertakan sebagian file, tetapi tidak semuanya, dari track sebelumnya di antara VTOC saat itu, maka akan dimungkinkan untuk memberikan ilusi bahwa file-file telah dihapus. Track dapat dikelompokkan menjadi **sesi** yang mengarah pada CD-ROM **multisessi**. Pemutar-pemutar ulang CD audio standar tidak dapat menangani CD multisessi sebab pemutar-ulang ini membutuhkan satu VTOC pada permulaannya.

Setiap trak harus dituliskan dalam operasi kontinu tunggal tanpa berhenti. Sebagai akibatnya, hard disk tempat dari mana data berasal harus cukup cepat untuk mengirimkannya tepat waktu. Jika file-file yang akan dikopy tersebar di seluruh hard disk, maka waktu pencarian dapat menyebabkan data mengalir ke CD-R hingga tidak ada data tersisa dan menyebabkan suatu penyangga bergerak ke bawah. Penyangga yang bergerak ke bawah mengakibatkan terciptanya coaster mengkilap yang indah (tetapi kadang-kadang mahal) untuk minuman Anda, atau suatu frisbee warna-emas berukuran 120 mm. Perangkat lunak CD-R biasanya menawarkan pilihan untuk mengoleksi semua file input ke dalam satu citra CD-ROM 650 MB berdampingan tunggal sebelum membakar CD-R, tetapi proses ini secara tipikal melipatduakan waktu penulisan efektif, memerlukan 650 MB disk kosong, dan belum diproteksi terhadap hard disk dan memutuskan untuk melakukan pengaturan kembali standar baku panas ketika hard disk menjadi terlalu panas.

CD-R memungkinkan bagi individu dan perusahaan untuk dengan mudah mengcopy CD-ROM (dan CD-CD audio), yang pada umumnya melanggar hak cipta penerbit. Beberapa skema telah diciptakan untuk membuat pembajakan macan itu menjadi lebih sukar dan mempersulit untuk membaca CD-ROM dengan menggunakan piranti lunak apa pun selain dari pada perangkat lunak penerbit. Salah satunya melibatkan upaya merekam semua panjang file pada CD-ROM sebagai multigigabyte, yang menggagalkan semua upaya untuk meng-copy file ke hard disk dengan menggunakan perangkat lunak pengopyan standar. Panjang yang sebenarnya disertakan pada perangkat lunak penerbit atau tersembunyi (barang klai disisipkan pada CD-ROM

dalam sebuah tempat yang tidak terduga). Skema lainnya menggunakan ECC yang sengaja dibuat keliru dalam sektor-sektor yang dipilih, dengan harapan bahwa perangkat lunak pengopyan CD akan memperbaiki kesalahan tersebut. Perangkat aplikasi memeriksa ECC itu sendiri, yang menolak untuk bekerja jika ECC dalam keadaan betul. Penggunaan gap-gap non standar di antara track-track dan “cacat-cacat” fisik lainnya juga dimungkinkan.

CD-REWRITABLES

Meskipun orang jaman dahulu menggunakan media sekali-tulis seperti film fotograf dan kertas, namun ada dugaan akan ada sebuah CD-ROM yang dapat ditulis kembali. Salah satu teknologi yang saat ini tersedia adalah CD-RW (CD-ReWritable), yang menggunakan media berukuran sama dengan CD-R. tetapi bagaimana pun juga, bukanya menggunakan bahan pewarna cyanine atau pthalocyanine, CD-RW menggunakan logam logam paduan antara perak, indium, antinom, dan tellurium untuk lapisan perekaman. Logam paduan ini memiliki dua kondisi stabil, yaitu: kristalin dan amorf, dengan reflektivias berbeda-beda.

CD-RW drives menggunakan laser dengan tiga daya berbeda. Pada daya yang tinggi, laser melelehkan logam paduan, yang mengubahnya dari kondisi kristalin reflektivitas tinggi menjadi amorf reflektivitas rendah agar menyerupai sebuah pit. Pada daya sedang, logam paduan meleleh, dan berubah kembali dalam kondisi kristalin alamiahnya untuk menjadi land lagi. Pada daya rendah, keadaan/kondisi material ditelaah (untuk pembacaan) tetapi tidak ada transisi fase yang terjadi.

Alasan CD-RW masih belum menggantikan CD-R yaitu bahwa piringan-piringan CD-RW adalah jauh lebih mahal dari pada piringan-piringan kosong CD-R. selain itu, untuk aplikasi-aplikasi yang terdiri atas upaya mem-back up hard disk, fakta bahwa sekali dituliskan sebuah CD-ROM tidak dapat terhapus secara tidak sengaja merupakan sebuah kelebihan/keuntungan besar.