**1**

**Bab 6 Memori Eksternal 184**

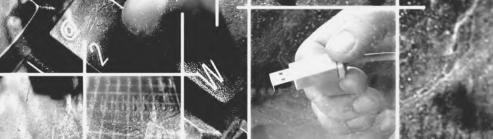
**6.1** Disk Magnetik 185

**6.2** RAID 194

**6.3** Memori Optik 203

**6.4** Pita Magnetik 210

**6.5** Bacaan yang Direkomendasikan dan Situs Web 212

**6.6** Istilah Kunci, Pertanyaan Tinjauan, dan Masalah 21

**EXTERNAL MEMORY**

**6.1 Magnetic Disk**

Magnetic Membaca dan Menulis Mekanisme

Organisasi dan Pemformatan Data

Karakteristik Fisik

Parameter Kinerja Disk

**6.2 Raid**

RAID Level 0

RAID Level 1

RAID Level 2

RAID Level 3

RAID Level 4

RAID Level 5

RAID Level 6

**6.3 Memori Optik**

Compact Disk Disk

Serbaguna Digital Disk

Optik Definisi Tinggi

**6.4 Pita Magnetik**

**6.5 Bacaan yang Direkomendasikan dan Situs Web**

**6.6 Istilah Utama, Pertanyaan Tinjauan, dan Masalah**

**184**

**6.1 / MAGNETIC DISK 3**

**POIN UTAMA**

Disk magnetik tetap menjadi komponen terpenting dari eksternal Penyimpanan. Baik disk yang dapat dilepas dan diperbaiki, atau hard disk digunakan dalam sistem mulai dari komputer pribadi hingga mainframe dan

superkomputer.

mencapai kinerja yang lebih baik dan ketersediaan yang lebih tinggi, server dan sistem yang lebih besar menggunakan teknologi disk RAID. RAID adalah keluarga dari

teknik untuk menggunakan beberapa disk sebagai array paralel penyimpanan data perangkat, dengan redundansi bawaan untuk mengkompensasi kegagalan disk.

Teknologi penyimpanan optik menjadi semakin penting dalam semua hal jenis sistem komputer. Sementara CD-ROM telah banyak digunakan untuk bertahun-tahun, teknologi yang lebih baru, seperti CD yang dapat ditulis dan

DVD, menjadi semakin penting.

Bab ini membahas berbagai perangkat dan sistem memori eksternal. Kita mulai dengan perangkat yang paling penting, disk magnetik. Disk magnetik adalah dasar dari memori eksternal pada hampir semua sistem komputer. Bagian selanjutnya membahas penggunaan array disk untuk mencapai yang lebih besar kinerja, melihat secara khusus pada keluarga sistem yang dikenal sebagai RAID (Redundant Array of Independent Disks). Komponen yang semakin penting dari banyak sistem komputer adalah memori optik eksternal, dan ini diperiksa di bagian ketiga. Terakhir, pita magnetik dijelaskan.

**6.1 DISK MAGNETIK**

Disk adalah piring bundar yang terbuat dari bahan nonmagnetik, yang disebut substrat, dilapisi dengan bahan yang dapat dimagnetisasi. Secara tradisional, substrat telah menjadi bahan aluminium atau paduan aluminium. Baru-baru ini, substrat kaca telah diperkenalkan. Substrat kaca memiliki sejumlah manfaat, termasuk yang berikut:

• Peningkatan keseragaman permukaan film magnetik untuk meningkatkan keandalan disk

• Pengurangan signifikan pada cacat permukaan keseluruhan untuk membantu mengurangi baca-tulis kesalahan

• Kemampuan untuk mendukung ketinggian terbang yang lebih rendah (dijelaskan selanjutnya)

**6.1 / MAGNETIC DISK 4**

• Kekakuan yang lebih baik untuk mengurangi dinamika disk

• Kemampuan yang lebih besar untuk menahan goncangan dan kerusakan

**Mekanisme Baca dan Tulis Magnetik**

Data direkam dan kemudian diambil dari disk melalui konduktor kumparan bernama **kepala**; dalam banyak sistem, ada dua kepala, kepala baca dan kepala tulis. Selama operasi baca atau tulis, kepala diam sementara piringan berputar di bawahnya.

Mekanisme tulis memanfaatkan fakta bahwa listrik yang mengalir melalui kumparan menghasilkan medan magnet. Pulsa listrik dikirim ke kepala tulis, dan

**Baca**

**arus**

**Lebar**

**N**

**NSS**

**Magnetisasi**

**MR**

**Sensor**

**Perisai**

**N**

**S**

**NNS**

**SS**

**N**

**N**

**S**

**Tulissaat ini**

**induktif**

**Magnetoresistifelemen**

**Media perekam**

**Gambar 6.1** Kepala

pola magnet dicatat pada permukaan di bawah ini, dengan pola yang berbeda untuk arus positif dan negatif. Kepala tulis itu sendiri terbuat dari bahan yang mudah dimagnetisasi dan berbentuk a donat persegi panjang dengan celah di sepanjang satu sisi dan beberapa putaran kawat konduktor di sepanjang sisi yang berlawanan (Gambar 6.1). Arus listrik dalam kawat menginduksi medan magnet melintasi celah, yang pada gilirannya memagnetisasi area kecil dari media perekam. Membalik arah

**6.1 / MAGNETIC DISK 5**

dari arus membalikkan arah magnetisasi pada media perekam.

Mekanisme pembacaan tradisional memanfaatkan fakta bahwa medan magnet yang bergerak relatif terhadap kumparan menghasilkan arus listrik dalam kumparan. Ketika permukaan piringan lewat di bawah kepala, itu menghasilkan arus dengan polaritas yang sama dengan yang sudah direkam. struktur kepala untuk membaca dalam hal ini pada dasarnya sama dengan untuk menulis dan oleh karena itu kepala yang sama dapat digunakan untuk keduanya. Head tunggal seperti itu digunakan dalam sistem floppy disk dan dalam sistem hard disk lama.

Sistem disk kaku kontemporer menggunakan mekanisme baca yang berbeda, memerlukan kepala baca terpisah, diposisikan untuk kenyamanan dekat dengan kepala tulis. Kepala baca terdiri dari sensor magnetoresistive (MR) terlindung sebagian. Bahan MR memiliki hambatan listrik yang bergantung pada arah magnetisasi media yang bergerak di bawahnya. Dengan melewatkan arus melalui sensor MR, perubahan resistansi dideteksi sebagai sinyal tegangan. Desain MR memungkinkan operasi frekuensi tinggi, yang setara dengan kepadatan penyimpanan dan kecepatan operasi yang lebih besar.

**Organisasi dan Pemformatan**

Data Kepala adalah perangkat yang relatif kecil yang mampu membaca dari atau menulis ke bagian piringan yang berputar di bawahnya. Hal ini memunculkan organisasi data pada

**Celah Intersektor**

**Lintasan Sektor S6• ••**

**6.1 / MAGNETIC DISK 6 Celah antar lintasan**

**S5**

**S4**

**S6**

**S5**

**S4**

**• ••**

**3S2S**

**SN S1**

**SN S1**

**Gambar 6.2** Tata Letak Data Disk

**3S2S**

dalam satu set cincin konsentris, yang disebut **trek**. Setiap track memiliki lebar yang sama dengan head. Ada ribuan track per permukaan.

Gambar 6.2 menggambarkan tata letak data ini. Lintasan yang berdekatan dipisahkan oleh **celah**. Hal ini mencegah, atau setidaknya meminimalkan, kesalahan karena ketidaksejajaran kepala atau sekadar gangguan medan magnet.

Data ditransfer ke dan dari disk dalam **sektor** (Gambar 6.2). Biasanya ada ratusan sektor per trek, dan ini bisa berupa panjang tetap atau variabel. Di sebagian besar sistem kontemporer, sektor dengan panjang tetap digunakan, dengan 512 byte menjadi ukuran sektor yang hampir universal. Untuk menghindari penerapan persyaratan presisi yang tidak masuk akal pada sistem, sektor yang berdekatan dipisahkan oleh celah intratrack (intersektor).

Sedikit di dekat pusat disk yang berputar bergerak melewati titik tetap (seperti kepala baca-tulis) lebih lambat daripada sedikit di luar. Oleh karena itu, beberapa cara harus ditemukan untuk mengkompensasi variasi kecepatan sehingga kepala dapat membaca semua bit pada kecepatan yang sama. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan jarak antara bit informasi yang direkam dalam segmen disk. Informasi tersebut kemudian dapat dipindai pada kecepatan yang sama dengan memutar disk pada kecepatan tetap, yang dikenal sebagai **kecepatan sudut konstan** (CAV). Gambar 6.3a

**6.1 / MAGNETIC DISK 7**

menunjukkan tata letak disk menggunakan CAV. Disk dibagi menjadi beberapa sektor berbentuk pie dan menjadi serangkaian trek konsentris. Keuntungan menggunakan CAV adalah blok data individual dapat langsung ditangani oleh trek dan sektor. Untuk memindahkan kepala dari lokasi saat ini ke alamat tertentu, hanya dibutuhkan gerakan kepala yang singkat ke trek tertentu dan menunggu sebentar untuk sektor yang tepat berputar di bawah kepala. Kerugian dari CAV adalah jumlah data yang

**(a) Kecepatan sudut konstan (b) Perekaman berzona ganda**

**Gambar 6.3** Perbandingan Metode Tata Letak Disk

yang dapat disimpan pada lintasan luar yang panjang adalah satu-satunya yang dapat disimpan pada lintasan dalam yang pendek.

Karena **densitas**, dalam bit per inci linier, peningkatan perpindahan dari track terluar ke track terdalam, kapasitas penyimpanan disk dalam sistem CAV langsung dibatasi oleh densitas perekaman maksimum yang dapat dicapai pada track terdalam. Untuk meningkatkan kepadatan, sistem hard disk modern menggunakan teknik yang dikenal sebagai **perekaman zona ganda**, di mana permukaan dibagi menjadi beberapa zona konsentris (16 adalah tipikal). Dalam suatu zona, jumlah bit per track adalah konstan. Zona yang lebih jauh dari pusat mengandung lebih banyak bit (lebih banyak sektor) daripada zona yang lebih dekat ke pusat. Hal ini memungkinkan kapasitas penyimpanan keseluruhan yang lebih besar dengan mengorbankan sirkuit yang agak lebih kompleks. Saat kepala disk bergerak dari satu zona ke zona lain, panjang (sepanjang lintasan) bit individu berubah, menyebabkan perubahan waktu untuk membaca dan menulis. Gambar 6.3b menunjukkan sifat perekaman beberapa zona; dalam ilustrasi ini, setiap zona hanya selebar satu lintasan.

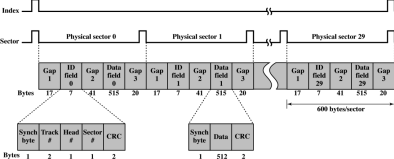
Beberapa cara diperlukan untuk menemukan posisi sektor dalam trek. Jelas, harus ada titik awal di trek dan cara mengidentifikasi awal dan akhir setiap sektor. Persyaratan ini ditangani melalui data kontrol yang direkam pada disk. Dengan demikian, disk diformat dengan beberapa data tambahan yang hanya digunakan oleh disk drive dan tidak dapat diakses oleh pengguna.

**6.1 / MAGNETIC DISK 8**

Contoh format disk ditunjukkan pada Gambar 6.4. Dalam hal ini, setiap track berisi 30 sektor dengan panjang tetap masing-masing 600 byte. Setiap sektor menyimpan 512 byte data ditambah informasi kontrol yang berguna untuk pengontrol disk. Bidang ID adalah pengidentifikasi unik atau alamat yang digunakan untuk menemukan sektor tertentu. Byte SYNCH adalah pola bit khusus yang membatasi awal bidang. Nomor trek mengidentifikasi trek di permukaan. Nomor kepala mengidentifikasi kepala, karena disk ini memiliki banyak permukaan (dijelaskan saat ini). Bidang ID dan data masing-masing berisi kode pendeteksi kesalahan.

**Karakteristik Fisik**

Tabel 6.1 mencantumkan karakteristik utama yang membedakan di antara berbagai jenis piringan magnetik. Pertama, kepala piringan dapat tetap atau bergerak sehubungan dengan arah radial piringan. Dalam **disk kepala tetap**, ada satu kepala baca-tulis per

**Gambar 6.4** Format Disk Winchester (Seagate ST506)

. Semua kepala dipasang pada lengan kaku yang memanjang di semua trek; sistem seperti itu jarang terjadi saat ini. Dalam **disk kepala bergerak**, hanya ada satu kepala baca tulis. Sekali lagi, kepala dipasang di lengan. Karena kepala harus dapat diposisikan di atas trek apa pun, lengan dapat diperpanjang atau ditarik untuk tujuan ini.

Disk itu sendiri dipasang di disk drive, yang terdiri dari lengan, poros yang memutar disk, dan elektronik yang diperlukan untuk input dan output data biner. Disk **tidak dapat dilepas** dipasang secara permanen di drive disk; hard disk di komputer pribadi adalah disk yang tidak dapat dilepas. Sebuah **removable disk** dapat dihapus dan diganti dengan disk lain. Keuntungan dari jenis yang terakhir adalah bahwa jumlah data yang tidak terbatas tersedia dengan jumlah

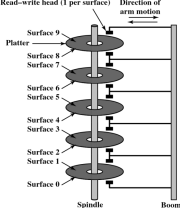
**6.1 / MAGNETIC DISK 9**

sistem diskLebih lanjut, disk semacam itu dapat dipindahkan dari satu sistem komputer ke sistem komputer lainnya. Floppy disk dan ZIP cartridge disk adalah contoh dari removable disk.

Untuk sebagian besar piringan, lapisan yang dapat dimagnetisasi diterapkan pada kedua sisi piringan, yang kemudian disebut sebagai **dua sisi**. Beberapa sistem disk yang lebih murah menggunakan disk **satu sisi** .

**Tabel 6.1** Karakteristik Fisik Sistem Disk

|  |
| --- |
| **Head Motion**  **Platters**  tetap (satu per track)  Single platter  Head bergerak (satu per permukaan)  Banyak piring  **Portabilitas Disk**  **Mekanisme Kepala**  yang tidak dapat dilepas  Kontak (floppy)  Disk yang dapat dilepas  Celah tetap Celah  aerodinamis (Winchester)  **Sisi**  Satu sisi  Dua sisi |



**Gambar 6.5** Komponen Disk Drive

Beberapa disk drive mengakomodasi **beberapa piringan** ditumpuk secara vertikal dengan jarak sepersekian inci. Tersedia beberapa lengan (Gambar 6.5). Disk multi-piring menggunakan

**6.1 / MAGNETIC DISK 10**

, dengan satu baca-tulis kepala per permukaan piringan. Semua kepala dipasang secara mekanis sehingga semuanya berada pada jarak yang sama dari pusat disk dan bergerak bersama. Jadi, setiap saat, semua kepala diposisikan di atas trek yang jaraknya sama dari pusat disk. Himpunan semua trek dalam posisi relatif yang sama di piring disebut sebagai **silinder**. Misalnya, semua trek yang diarsir pada Gambar 6.6 adalah bagian dari satu silinder.

Akhirnya, mekanisme kepala memberikan klasifikasi disk menjadi tiga jenis. Secara tradisional, kepala baca-tulis telah diposisikan pada jarak tetap di atas

**Gambar 6.6** Trek dan Silinder

, memungkinkan celah udara. Pada ekstrem lainnya adalah mekanisme kepala yang benar-benar bersentuhan fisik dengan media selama operasi baca atau tulis .Mekanisme ini digunakan dengan **floppy disk**, yang merupakan piringan kecil yang fleksibel dan jenis disk yang paling murah.

Untuk memahami jenis disk ketiga, kita perlu mengomentari

hubungan antara kepadatan data dan ukuran celah udara. Kepala harus menghasilkan atau merasakan medan elektromagnetik dengan besaran yang cukup untuk menulis dan membaca dengan benar. Semakin sempit headnya, semakin dekat fungsinya dengan permukaan platter. Head yang lebih sempit berarti track yang lebih sempit dan oleh karena itu kepadatan data yang lebih besar, yang diinginkan. Namun, semakin dekat kepala ke disk, semakin besar risiko kesalahan dari ketidakmurnian atau ketidaksempurnaan. Untuk mendorong teknologi lebih jauh, disk Winchester dikembangkan. Kepala Winchester digunakan dalam rakitan drive tertutup yang hampir bebas dari kontaminan. Mereka dirancang untuk beroperasi lebih dekat ke permukaan disk daripada kepala disk kaku konvensional, sehingga memungkinkan kepadatan data yang lebih besar. Kepala sebenarnya adalah foil aerodinamis yang bertumpu ringan di permukaan piringan saat piringan tidak bergerak.udara

**6.1 / MAGNETIC DISK 11**

yang dihasilkan oleh disk yang berputar cukup untuk membuat foil naik di atas permukaan. Sistem nonkontak yang dihasilkan dapat direkayasa untuk menggunakan kepala yang lebih sempit yang beroperasi lebih dekat ke permukaan piringan daripada kepala disk kaku konvensional.1

tinggi kontemporer yang khas

disk performa

**Tabel 6.2** Parameter Hard Disk Drive Umum

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karakteristik** | **Seagate**  **barakuda**  **ES.2** | **Seagate**  **barakuda**  **7200.10** | **Seagate**  **barakuda 7200.9** | **Seagate** | **Hitachi**  **Microdrive** |
| Aplikasi | Berkapasitas tinggi  server | Performa tinggi desktop | tingkat pemula  Desktop | Laptop | Genggam  perangkat |
| Kapasitas | 1 TB | 750 GB | 160 GB | 120 GB | 8 GB |
| Track-to-track minimum waktu pencarian | 0,8 ms | 0,3 ms | 1,0 ms | — | 1,0 ms |
| Waktu pencarian rata-rata | 8,5 ms | 3,6 ms | 9,5 ms | 12,5 ms | 12 ms |
| Kecepatan | spindel 7200 rpm | 7200 rpm | 7200 | 5400 rpm | 3600 rpm |
| rata penundaan rotasi | 4,16 ms | 4,16 ms | 4,17 ms | 5,6 ms | 8,33 ms |
| Transfer maksimum kecepatan | 3 GB/dtk | 300 MB/dtk | 300 MB/dtk | 150 MB/dtk | 10 MB/dtk |
| Byte per sektor | 512 | 512 | 512 | 512 | 512 |
| Trek per silinder (angka permukaan platter) | 8 | 8 | 2 | 8 | 2 |

**Wait for Wait for Seek Rotational Data device channel delay transfer**

**Device busy**

**Gambar 6.7** Waktu dari Disk I/O Transfer

1 Sebagai masalah kepentingan historis, istilah *Winchester* awalnya digunakan oleh IBM sebagai nama kode untuk model disk 3340 sebelum pengumumannya. 3340 adalah paket disk yang dapat dilepas dengan kepala yang disegel di dalam kemasannya. Istilah ini sekarang diterapkan pada setiap unit disk drive tertutup dengan desain kepala aerodinamis. Disk Winchester umumnya ditemukan terpasang pada komputer pribadi dan workstation, di mana ia dirujuk sebagai *hard disk*.

**6.1 / MAGNETIC DISK 12**

**Parameter Performa Disk**

Detail aktual operasi I/O disk bergantung pada sistem komputer, sistem operasi, dan sifat saluran I/O dan perangkat keras pengontrol disk. Diagram pengaturan waktu umum I/O disk transfer ditunjukkan pada Gambar 6.7.

Saat disk drive beroperasi, disk berputar dengan kecepatan konstan. Untuk membaca atau menulis, head harus diposisikan pada track yang diinginkan dan pada awal sektor yang diinginkan pada track tersebut. Pemilihan track melibatkan pemindahan head pada head yang dapat digerakkan sistem atau secara elektronik memilih satu kepala pada sistem kepala tetap.Pada sistem kepala bergerak, waktu yang diperlukan untuk memposisikan kepala di trek dikenal sebagai **waktu pencarian**. Dalam kedua kasus, setelah trek dipilih, pengontrol disk menunggu hingga sektor yang sesuai berputar untuk sejajar dengan kepala. Waktu yang diperlukan untuk awal sektor untuk mencapai kepala dikenal sebagai **penundaan rotasi**, atau *latensi rotasi*. Jumlah dari waktu pencarian, jika ada, dan penundaan rotasi sama dengan **waktu akses**, yaitu waktu yang diperlukan untuk masuk ke posisi membaca atau menulis. Setelah kepala berada di posisinya, operasi baca atau tulis kemudian dilakukan sebagai sektor bergerak di bawah kepala; ini adalah bagian transfer data dari operasi; waktu yang diperlukan untuk transfer adalah **waktu transfer**.

Selain waktu akses dan waktu transfer, ada beberapa penundaan antrian yang biasanya terkait dengan operasi I/O disk. Ketika sebuah proses mengeluarkan permintaan I/O, proses tersebut harus menunggu dalam antrian terlebih dahulu agar perangkat tersedia. saat itu, perangkat ditugaskan untuk proses. Jika perangkat berbagi saluran I/O tunggal atau satu set saluran I/O dengan drive disk lain, maka mungkin ada waktu tunggu tambahan untuk saluran tersedia. Pada saat itu, pencarian dilakukan untuk memulai akses disk.

Dalam beberapa sistem kelas atas untuk server, teknik yang dikenal sebagai penginderaan posisi rotasional (RPS) digunakan. Ini bekerja sebagai berikut: Ketika perintah seek telah dikeluarkan, saluran dilepaskan untuk menangani operasi I/O lainnya. Ketika pencarian selesai, perangkat menentukan kapan data akan berputar di bawah kepala. Saat sektor itu mendekati kepala, perangkat mencoba membangun kembali jalur komunikasi kembali ke host. Jika unit kontrol atau saluran sibuk dengan I/O lain, maka upaya penyambungan kembali gagal dan perangkat harus memutar satu putaran penuh sebelum dapat mencoba menyambung kembali, yang disebut miss RPS. Ini adalah elemen penundaan tambahan yang harus ditambahkan ke garis waktu Gambar 6.7.

***SEEK TIME*** Seek time adalah waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan disk ke track yang dibutuhkan. Ternyata ini adalah jumlah yang sulit untuk dijabarkan. Waktu pencarian terdiri dari dua komponen utama: waktu mulai awal, dan waktu yang dibutuhkan untuk melintasi trek yang harus dilintasi setelah lengan akses mencapai kecepatan. Sayangnya, waktu traversal adalah

**6.1 / MAGNETIC DISK 13**

bukan fungsi linier dari jumlah trek, tetapi termasuk waktu penyelesaian (waktu setelah memposisikan kepala di atas trek target hingga identifikasi trek dikonfirmasi).

Banyak peningkatan datang dari komponen disk yang lebih kecil dan lebih ringan. Beberapa tahun yang lalu, piringan biasa berdiameter 14 inci (36 cm), sedangkan ukuran yang paling umum saat ini adalah 3,5 inci (8,9 cm), mengurangi jarak yang harus ditempuh lengan. Waktu pencarian rata-rata yang khas pada hard disk kontemporer di bawah 10 ms.

***PENUNDAAN ROTASI*** Disk, selain floppy disk, berputar pada kecepatan mulai dari 3600 rpm (untuk perangkat genggam seperti kamera digital) hingga, pada saat tulisan ini dibuat, 20.000 rpm; pada kecepatan terakhir ini, ada satu putaran per 3 ms. Jadi, rata-rata, penundaan rotasi akan menjadi 1,5 ms.

***WAKTU TRANSFER Waktu*** transfer ke atau dari disk tergantung pada kecepatan rotasi disk dengan cara berikut:

T = b

rN

di mana

T = waktu transfer b = jumlah byte yang akan

ditransfer

N = jumlah byte pada lintasan r = kecepatan rotasi, dalam

putaran per detik

Jadi, total waktu akses rata-rata dapat dinyatakan sebagai

T~~a =~~ Ts ~~+ 1~~ + b

2r rN

di mana *Ts* adalah waktu pencarian rata-rata. Perhatikan bahwa pada drive yang dikategorikan, jumlah byte per trek adalah variabel, yang memperumit perhitungan.2

***PERBANDINGAN ATIMING*** Dengan parameter di atas yang ditentukan, mari kita lihat dua operasi I/O berbeda yang menggambarkan bahaya mengandalkan nilai rata-rata. Pertimbangkan disk dengan waktu pencarian rata-rata yang diiklankan 4 ms, kecepatan rotasi 15.000 rpm, dan 512- sektor byte dengan 500 sektor per trek. Misalkan kita ingin membaca file

2 Bandingkan dua persamaan sebelumnya dengan Persamaan (4.1).

**6.1 / MAGNETIC DISK 14**

terdiri dari 2500 sektor dengan total 1,28 Mbytes. Kami ingin memperkirakan total waktu untuk transfer.

Pertama, mari kita asumsikan bahwa file disimpan sekompak mungkin di disk. Artinya, file menempati semua sektor pada 5 trek yang berdekatan (5 trek × 500 sektor/ trek = 2500 sektor). Ini dikenal sebagai *organisasi berurutan*. Sekarang, waktu untuk membaca trek pertama adalah sebagai berikut:

Pencarian rata-rata 4 ms

Penundaan rotasi rata-rata 2 ms

Baca 500 sektor 4 ms

10 ms

Misalkan trek yang tersisa sekarang dapat dibaca tanpa waktu pencarian. Artinya, operasi I/O dapat mengikuti aliran dari disk. Kemudian, paling banyak, kita perlu menangani penundaan rotasi untuk setiap trek berikutnya. Jadi setiap track yang berurutan dibaca dalam 2 + 4 = 6 ms. Untuk membaca seluruh file,

Total waktu = 10 + (4 \* 6) = 34 ms = 0,034 detik

Sekarang mari kita hitung waktu yang diperlukan untuk membaca data yang sama secara acak akses daripada akses berurutan; yaitu, akses ke sektor didistribusikan secara acak melalui disk. Untuk setiap sektor, kami memiliki

Average seek 4 ms

Rotational delay 2 ms

Read 1 sector 0,008

ms

6,008

ms

Total waktu = 2500 \* 6,008 = 15020 ms = 15,02 detik

Jelas bahwa urutan sektor yang dibaca dari disk sangat besar mempengaruhi kinerja I/O. Dalam kasus akses file di mana beberapa sektor dibaca atau ditulis, kami memiliki beberapa kendali atas cara sektor data disebarkan. Namun, bahkan dalam kasus akses file, dalam lingkungan multiprogram, akan ada /O meminta bersaing untuk disk yang sama. Oleh karena itu, penting untuk memeriksa cara-cara di mana kinerja I/O disk dapat ditingkatkan dari yang dicapai dengan akses acak murni ke disk

**6.1 / MAGNETIC DISK 15.**

Ini mengarah pada pertimbangan algoritma penjadwalan disk, yang merupakan provinsi sistem operasi dan di luar cakupan buku ini (lihat [STAL09] untuk diskusi).



**RAID Simulator**

**6.2 RAID**

Seperti dibahas sebelumnya, tingkat peningkatan kinerja penyimpanan sekunder jauh lebih rendah daripada tingkat prosesor dan memori utama. Ketidaksesuaian ini telah membuat sistem penyimpanan disk mungkin menjadi fokus perhatian utama dalam meningkatkan kinerja sistem komputer secara keseluruhan.

Seperti di bidang kinerja komputer lainnya, perancang penyimpanan disk mengakui bahwa jika satu komponen hanya dapat didorong sejauh ini, peningkatan kinerja tambahan dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa komponen paralel. Dalam hal penyimpanan disk, ini mengarah pada pengembangan array disk yang beroperasi secara independen dan paralel. Dengan beberapa disk, permintaan I/O yang terpisah dapat ditangani secara paralel, selama data yang diperlukan berada pada disk yang terpisah. Selanjutnya, permintaan I/O tunggal

**6.2 / RAID 16**

dapat dijalankan secara paralel jika blok data yang akan diakses didistribusikan ke beberapa disk.

Dengan penggunaan beberapa disk, ada berbagai cara di mana data dapat diatur dan di mana redundansi dapat ditambahkan untuk meningkatkan keandalan. Hal ini dapat membuat sulit untuk mengembangkan skema database yang dapat digunakan pada sejumlah platform dan sistem operasi. Untungnya, industri telah menyetujui skema standar untuk desain database multi-disk, yang dikenal sebagai RAID (Redundant Array of Independent Disks). Skema RAID terdiri dari tujuh level,3nol hingga enam. Level ini tidak menyiratkan hubungan hierarkis tetapi menunjukkan arsitektur desain berbeda yang memiliki tiga karakteristik umum:

**1.** RAID adalah kumpulan drive disk fisik yang dilihat oleh sistem operasi sebagai drive logis tunggal.

**2.** Data didistribusikan di seluruh drive fisik array dalam skema yang dikenal sebagai striping, yang dijelaskan kemudian.

**3.** Kapasitas disk yang redundan digunakan untuk menyimpan informasi paritas, yang menjamin pemulihan data jika terjadi kegagalan disk.

Rincian karakteristik kedua dan ketiga berbeda untuk tingkat RAID yang berbeda. RAID 0 dan RAID 1 tidak mendukung karakteristik ketiga.

Istilah *RAID* awalnya diciptakan dalam sebuah makalah oleh sekelompok peneliti di University of California di Berkeley [PATT88].4 Makalah ini menguraikan berbagai konfigurasi dan aplikasi RAID dan memperkenalkan definisi tingkat RAID yang masih digunakan. Strategi RAID menggunakan beberapa drive disk dan mendistribusikan data sedemikian rupa untuk memungkinkan akses simultan ke data dari beberapa drive, sehingga meningkatkan kinerja I/O dan memungkinkan peningkatan kapasitas yang lebih mudah.

3 Tingkat tambahan telah ditentukan oleh beberapa peneliti dan beberapa perusahaan, tetapi tujuh tingkat yang dijelaskan dalam bagian ini adalah yang disepakati secara universal. 4

Dalam makalah itu, akronim RAID adalah singkatan dari Redundant Array of Inexpensive Disks. Istilah *murah* digunakan untuk membedakan disk kecil yang relatif murah dalam array RAID dengan alternatif, disk tunggal besar yang mahal (SLED). SLED pada dasarnya adalah sesuatu dari masa lalu, dengan teknologi disk serupa digunakan untuk RAID dan non konfigurasi -RAID. Oleh karena itu, industri telah mengadopsi istilah *independen* untuk menekankan bahwa susunan RAID menciptakan peningkatan kinerja dan keandalan yang signifikan.

**6.2 / RAID 17**

Kontribusi unik dari proposal RAID adalah untuk mengatasi kebutuhan redundansi secara efektif. Meskipun memungkinkan beberapa kepala dan aktuator untuk beroperasi secara bersamaan mencapai I/O dan kecepatan transfer yang lebih tinggi, penggunaan beberapa perangkat meningkatkan kemungkinan kegagalan. Untuk mengimbangi penurunan keandalan ini, RAID menggunakan informasi paritas tersimpan yang memungkinkan pemulihan data yang hilang karena kegagalan disk.

Kami sekarang memeriksa masing-masing level RAID. Tabel 6.3 memberikan panduan kasar untuk tujuh level. Dalam tabel, kinerja I/O ditampilkan baik dalam hal kapasitas transfer data, atau kemampuan untuk memindahkan data, dan tingkat permintaan I/O, atau kemampuan untuk memenuhi permintaan I/O, karena level RAID ini secara inheren berkinerja berbeda relatif terhadap ini. two

**19 6**

**Tabel 6.3** Level RAID

|  |
| --- |
| **Kategori** |
| Striping |

**Deskripsi Level**

**Disk**

**yang DiperlukanKetersediaan Data**

**Data I/O Besar Kapasitas Transfer**

**Permintaan I/O Kecil Kecepatan**

0 Nonredundant N Lebihrendah dari single

disk Sangat tinggiSangat tinggi untuk keduanya membaca

dan tulis

Mencerminkan 1 Mencerminkan 2N

2Berlebihan melalui

Kode Hamming N + m

Akses paralel

3 Bit-interleaved parity N + 1

4 Paritas blok-interleaved N + 1

Mandiri

mengakses

5Blok-interleaved

paritas terdistribusi N + 1

Lebih tinggi dari RAID 2, 3, 4, atau 5; lebih rendah dari serangan 6

Jauh lebih tinggi dari single cakram; sebanding dengan RAID 3, 4, atau 5

Jauh lebih tinggi dari single cakram; sebanding dengan RAID 2, 4, atau 5

Jauh lebih tinggi dari single cakram; sebanding dengan RAID 2, 3, atau 5

Jauh lebih tinggi dari single cakram; sebanding dengan RAID 2, 3, atau 4

Lebih tinggi dari satu disk untuk Baca; mirip dengan disk tunggal untuk menulis

Tertinggi dari semua yang terdaftar

alternatif

Tertinggi dari semua yang terdaftar

alternatif

Mirip dengan RAID 0 untuk Baca; secara signifikan lebih rendah dari satu disk untuk menulis

Mirip dengan RAID 0 untuk membaca; lebih rendah dari satu disk untuk menulis

Hingga dua kali lipat dari a disk tunggal untuk dibaca; mirip dengan disk tunggal untuk menulis

Kira-kira dua kali lipatnya dari satu disk

Kira-kira dua kali lipatnya dari satu disk

Mirip dengan RAID 0 untuk Baca; secara signifikan lebih rendah dari satu disk untuk menulis

Mirip dengan RAID 0 untuk Baca; umumnya lebih rendah dari satu disk untuk menulis

Blok-interleaved ganda

paritas terdistribusi N + 2Tertinggi dari semua yang terdaftar

6

alternatif

Mirip dengan RAID 0 untuk Baca; lebih rendah dari RAID 5 untuk menulis

Mirip dengan RAID 0 untuk Baca; secara signifikan lebih rendah dari RAID 5 untuk menulis

N = jumlah disk data; m sebanding dengan log N

**6.2 / RAID 20**

**Gambar 6.8** Level RAID

metrikTitik kuat setiap level RAID disorot oleh bayangan yang lebih gelap. Gambar 6.8 mengilustrasikan penggunaan tujuh skema RAID untuk mendukung kapasitas data yang memerlukan empat disk tanpa redundansi. Gambar tersebut menyoroti tata letak data pengguna dan data yang berlebihan dan menunjukkan persyaratan penyimpanan relatif dari berbagai tingkat. Kami mengacu pada angka-angka ini selama diskusi berikut.

**RAID Level 0**

RAID level 0 bukanlah anggota keluarga RAID yang sebenarnya karena tidak menyertakan redundansi untuk meningkatkan kinerja. Namun, ada beberapa aplikasi, seperti beberapa di superkomputer di mana kinerja dan kapasitas menjadi perhatian utama dan biaya rendah lebih penting daripada peningkatan keandalan.

Untuk RAID 0, data pengguna dan sistem didistribusikan ke semua disk dalam larik. Ini memiliki keuntungan penting dibandingkan penggunaan satu disk besar: Jika dua permintaan I/O yang berbeda tertunda untuk dua blok data yang berbeda, maka

**6.2 / RAID 21**

ada kemungkinan besar bahwa blok yang diminta berada pada disk yang berbeda. , dua permintaan dapat dikeluarkan secara paralel, mengurangi waktu antrian I/O.

Tetapi RAID 0, seperti halnya semua level RAID, lebih dari sekadar mendistribusikan data di seluruh array disk: Data *digariskan* yang tersedia. Ini paling baik dipahami dengan mempertimbangkan Gambar 6.9.Semua data pengguna dan sistem dilihat

**b0 b1 b2 b3 P(b)**

**(d) RAID 3 (Bit-interleaved parity)**

**blok 0 blok 4 blok 8 blok 12**

**blok 1 blok 5 blok 9 blok 13**

**blok 2 blok 6 blok 10 blok 14**

**blok 3 blok 7 blok 11 blok 15**

**P(0-3)**

**P(4-7)**

**P(8-11) P(12-15)**

**(e) RAID 4 (Block-level parity)**

**memblokir 0 blok 4 blok 8 blok 12**

**blok 1 blok 5 blok 9 P(12-15)**

**blok 2 blok 6 P(8-11) blok 13**

**blok 3 P(4-7)**

**blok 10 blok 14**

**P(0-3)**

**blok 7 blok 11 blok 15**

**P(16-19)**

**blok 16 blok 17 blok 18 blok 19**

**(f) RAID 5 (Block-level distributed parity)**

**blok 0 blok 4 blok 8 blok 12**

**blok 1 blok 5 blok 9 P(12-15)**

**blok 2 blok 6 P(8-11) Q(12-15)**

**blok 3 P(4-7)**

**Q(8-11) blok 13**

**P(0-3)**

**Q(4-7) blok 10 blok 14**

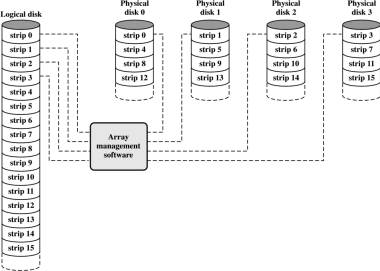
**Q(0-3) blok 7 blok 11blok 15**

**6.2 / RAID 22**

**(g) RAID 6 (Dual redundansi)**

**Gambar 6.8** Tingkat RAID (*lanjutan*)

disimpan pada disk logis. Disk logis dibagi menjadi strip; strip ini mungkin blok fisik, sektor, atau unit lain. Strip dipetakan secara round robin ke disk fisik berurutan dalam array RAID. Satu set strip berurutan secara logis yang memetakan tepat satu strip ke setiap anggota array disebut sebagai **strip**. Dalam array n-disk, n strip logis pertama disimpan secara fisik sebagai strip pertama pada masing-masing n disk, membentuk strip pertama; n strip kedua didistribusikan sebagai yang kedua

**Gambar 6.9** Pemetaan Data untuk Array Level 0 RAID

**6.2 / RAID 23**

strip pada setiap disk; dan seterusnya. Keuntungan tata letak ini adalah jika satu permintaan I/O terdiri dari beberapa jalur yang bersebelahan secara logis, maka hingga n jalur untuk permintaan tersebut dapat ditangani secara paralel, sehingga sangat mengurangi waktu transfer I/O.

Gambar 6.9 menunjukkan penggunaan perangkat lunak manajemen array untuk memetakan antara ruang disk logis dan fisik. Perangkat lunak ini dapat dijalankan baik di subsistem disk atau di komputer host.

***RAID 0 UNTUK KAPASITAS TRANSFER DATA TINGGI*** Kinerja level RAID mana pun sangat bergantung pada pola permintaan sistem host dan pada tata letak data. Masalah ini dapat diatasi dengan paling jelas di RAID 0, di mana dampak redundansi tidak mengganggu analisis. Pertama, mari kita pertimbangkan penggunaan RAID 0 untuk mencapai kecepatan transfer data yang tinggi. Agar aplikasi mengalami kecepatan transfer tinggi, dua persyaratan harus dipenuhi. Pertama, kapasitas transfer yang tinggi harus ada di sepanjang jalur antara memori host dan drive disk individu. Ini termasuk bus pengontrol internal, bus I/O sistem host, adaptor I/O, dan bus memori host.

Persyaratan kedua adalah bahwa aplikasi harus membuat permintaan I/O yang mendorong larik disk secara efisien. Persyaratan ini dipenuhi jika permintaan tipikal adalah untuk sejumlah besar data yang bersebelahan secara logis, dibandingkan dengan ukuran strip. Dalam hal ini, permintaan I/O tunggal melibatkan transfer data paralel dari beberapa disk, meningkatkan kecepatan transfer efektif dibandingkan dengan transfer disk tunggal.

***RAID 0 TINGGI I/O TINGKAT PERMINTAAN*** Dalam lingkungan berorientasi transaksi, pengguna biasanya lebih memperhatikan waktu respons daripada kecepatan transfer. Untuk permintaan I/O individu untuk sejumlah kecil data, waktu I/O adalah didominasi oleh gerakan kepala disk (seek time) dan pergerakan disk (rotational

latency).

Dalam lingkungan transaksi, mungkin ada ratusan permintaan I/O per detik. Sebuah array disk dapat memberikan tingkat eksekusi I/O yang tinggi dengan menyeimbangkan beban I/O di beberapa disk. Penyeimbangan beban yang efektif dicapai hanya jika biasanya ada beberapa permintaan I/O yang belum diselesaikan. Hal ini, pada gilirannya, menyiratkan bahwa ada beberapa aplikasi independen atau aplikasi berorientasi transaksi tunggal yang mampu melakukan beberapa permintaan I/O asinkron. Kinerja akan juga dipengaruhi oleh ukuran strip. Jika ukuran strip relatif besar, sehingga permintaan I/O tunggal hanya melibatkan akses disk tunggal, maka beberapa permintaan I/O menunggu dapat ditangani secara paralel, mengurangi waktu antrian untuk setiap permintaan.

**6.2 / RAID 24**

**RAID Level 1**

RAID 1 berbeda dari RAID level 2 sampai 6 dalam hal redundansi dicapai. Dalam skema RAID lainnya, beberapa bentuk perhitungan paritas digunakan untuk memperkenalkan redundansi, sedangkan di RAID 1, redundansi dicapai dengan cara sederhana untuk menduplikasi semua data. Seperti yang ditunjukkan Gambar 6.8b, striping data digunakan, seperti pada RAID 0 Namun dalam kasus ini, setiap strip logis dipetakan ke dua disk fisik terpisah sehingga setiap disk dalam larik memiliki disk cermin yang berisi data yang sama. RAID 1 juga dapat diimplementasikan tanpa striping data, meskipun hal ini kurang umum. Ada sejumlah aspek positif pada organisasi RAID 1:

**1.** Permintaan baca dapat dilayani oleh salah satu dari dua disk yang berisi data yang diminta, mana pun yang melibatkan waktu pencarian minimum ditambah latensi rotasi.

**2.** Permintaan penulisan mengharuskan kedua strip yang sesuai diperbarui, tetapi ini dapat dilakukan secara paralel. Dengan demikian, kinerja penulisan ditentukan oleh dua penulisan yang lebih lambat (yaitu, yang melibatkan waktu pencarian yang lebih besar ditambah latensi rotasi) . Namun, tidak ada "penalti tulis" dengan RAID 1. RAID level 2 hingga 6 melibatkan penggunaan bit paritas. Oleh karena itu, ketika satu strip diperbarui,

perangkat lunak manajemen array harus terlebih dahulu menghitung dan memperbarui bit paritas serta memperbarui strip aktual yang bersangkutan.

**3.** Pemulihan dari kegagalan itu sederhana. Ketika sebuah drive gagal, data masih dapat diakses dari drive kedua.

Kerugian utama RAID 1 adalah biayanya; itu membutuhkan dua kali ruang disk dari disk logis yang didukungnya. Karena itu, konfigurasi RAID 1 kemungkinan terbatas pada drive yang menyimpan perangkat lunak dan data sistem serta file penting lainnya. Dalam kasus ini, RAID 1 menyediakan salinan semua data secara real-time sehingga jika terjadi kegagalan disk, semua data penting masih segera tersedia.

Dalam lingkungan berorientasi transaksi, RAID 1 dapat mencapai tingkat permintaan I/O yang tinggi jika sebagian besar permintaan dibaca. Dalam situasi ini, kinerja RAID 1 dapat mendekati dua kali lipat dari RAID 0. Namun, jika sebagian besar permintaan I/O adalah permintaan tulis, maka mungkin tidak ada peningkatan kinerja yang signifikan atas RAID 0. RAID 1 juga dapat memberikan peningkatan kinerja di atas RAID 0 untuk aplikasi intensif transfer data dengan persentase pembacaan yang tinggi. Peningkatan terjadi jika aplikasi dapat membagi setiap permintaan baca sehingga kedua anggota disk berpartisipasi.

**6.2 / RAID 25**

**RAID Level 2**

RAID level 2 dan 3 menggunakan teknik akses paralel. Dalam array akses paralel, semua disk anggota berpartisipasi dalam eksekusi setiap permintaan I/O. Biasanya, spindel dari masing-masing drive disinkronkan sehingga setiap kepala disk berada pada posisi yang sama pada setiap disk pada waktu tertentu.

Seperti dalam skema RAID lainnya, striping data digunakan. Dalam kasus RAID 2 dan 3, strip sangat kecil, seringkali sekecil satu byte atau kata. Dengan RAID 2, kode koreksi kesalahan dihitung di seluruh bit yang sesuai pada setiap disk data, dan bit kode tersebut disimpan dalam posisi bit yang sesuai pada beberapa disk paritas. Biasanya, kode Hamming digunakan, yang mampu memperbaiki kesalahan bit tunggal dan mendeteksi kesalahan bit ganda.

Meskipun RAID 2 membutuhkan lebih sedikit disk daripada RAID 1, itu masih agak mahal. Jumlah disk yang berlebihan sebanding dengan log jumlah disk data. Dalam sekali baca, semua disk diakses secara bersamaan. Data yang diminta dan kode koreksi kesalahan terkait dikirimkan ke pengontrol larik. Jika ada kesalahan bit tunggal, pengontrol dapat mengenali dan memperbaiki kesalahan secara instan, sehingga waktu akses baca tidak melambat. Pada satu penulisan, semua disk data dan disk paritas harus diakses untuk operasi tulis.

RAID 2 hanya akan menjadi pilihan yang efektif dalam lingkungan di mana banyak kesalahan disk terjadi. Mengingat keandalan yang tinggi dari masing-masing disk dan drive disk, RAID 2 berlebihan dan tidak diterapkan.

**RAID Level 3**

RAID 3 diatur dengan cara yang mirip dengan RAID 2. Perbedaannya adalah bahwa RAID 3 hanya memerlukan satu disk redundan, tidak peduli seberapa besar susunan disk. RAID 3 menggunakan

akses paralel, dengan data didistribusikan dalam strip kecil. Alih-alih kode koreksi kesalahan, bit paritas sederhana dihitung untuk set bit individu di posisi yang sama pada semua disk data.

***REDUNDANCY*** Jika terjadi kegagalan drive, drive paritas diakses dan data direkonstruksi dari perangkat yang tersisa. Setelah drive yang gagal diganti, data yang hilang dapat dipulihkan pada drive baru dan operasi dilanjutkan.

Rekonstruksi data sederhana. Pertimbangkan larik lima drive di mana X0 hingga X3 berisi data dan X4 adalah disk paritas. Paritas untuk bit ke-i dihitung sebagai berikut:

**6.2 / RAID 26**

X4(i) = X3(i) { X2(i) { X1(i) { X0(i)

di mana { adalah fungsi eksklusif-ATAU.

Misalkan drive X1 telah gagal. Jika kita menambahkan X4(i) { X1(i) ke kedua ruas persamaan sebelumnya, kita mendapatkan

X1(*i*) = X4(*i*) { X3(*i*) { X2(*i*) { X0(*i*)

Jadi, isinya setiap strip data pada X1 dapat dibuat ulang dari konten strip yang sesuai pada disk yang tersisa dalam array. Prinsip ini berlaku untuk RAID level 3 hingga 6.

Jika terjadi kegagalan disk, semua data masih tersedia dalam apa yang disebut sebagai mode tereduksi. Dalam mode ini, untuk pembacaan, data yang hilang dibuat ulang dengan cepat menggunakan perhitungan eksklusif-OR. Saat data ditulis ke larik RAID 3 yang diperkecil, konsistensi paritas harus dipertahankan untuk regenerasi selanjutnya. Kembali ke operasi penuh mengharuskan disk yang gagal diganti dan seluruh isi disk yang gagal dibuat ulang pada disk yang baru.

***KINERJA*** Karena data bergaris-garis dalam strip yang sangat kecil, RAID 3 dapat mencapai kecepatan transfer data yang sangat tinggi. Setiap permintaan I/O akan melibatkan transfer data paralel dari semua disk data. Untuk transfer besar, peningkatan kinerja sangat terlihat. Di sisi lain, hanya satu permintaan I/O yang dapat dieksekusi pada satu waktu. Dengan demikian, dalam lingkungan berorientasi transaksi, kinerja menurun.

**RAID Level 4**

RAID level 4 sampai 6 menggunakan teknik akses independen. Dalam array akses independen, setiap disk anggota beroperasi secara independen, sehingga permintaan I/O yang terpisah dapat dipenuhi secara paralel. Karena itu, array akses independen lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan tingkat permintaan I/O tinggi dan relatif kurang cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan transfer data tinggi.

Seperti dalam skema RAID lainnya, striping data digunakan. Dalam kasus RAID 4 hingga 6, stripnya relatif besar. Dengan RAID 4, strip paritas bit demi bit dihitung di seluruh strip yang sesuai pada setiap disk data, dan bit paritas disimpan dalam strip yang sesuai pada paritas disk.

RAID 4 melibatkan penalti tulis ketika permintaan tulis I/O berukuran kecil dilakukan. Setiap kali terjadi penulisan, perangkat lunak manajemen array harus memperbarui tidak hanya data pengguna tetapi juga bit paritas yang sesuai. Pertimbangkan array lima drive di mana X0 hingga X3 berisi data dan X4 adalah disk paritas. Misalkan

**6.2 / RAID 27**

bahwa penulisan dilakukan yang hanya melibatkan strip pada disk X1. Awalnya, untuk setiap bit i, kita memiliki hubungan berikut:

X4(i) = X3(i) { X2(i) { X1(i) { X0(i) **(6.1)**

Setelah pembaruan, dengan bit yang berpotensi diubah ditunjukkan oleh simbol prima: X4¿(*i*) = X3(*i*) { X2(*i*) { X1¿(*i*) { X0(*i*)

= X3(*i*) { X2(*i*) { X1¿(*i*) { X0(i ) ) { X1(*i*) { X1(*i*) = X3(*i*) { X2(*i*) {

X1(*i*) { X0(i) { X1(*i*) { X1¿(*i*)

= X4(*i*) { X1(*i*) { X1¿(*i*)

Himpunan persamaan sebelumnya diturunkan sebagai berikut. Baris pertama menunjukkan bahwa perubahan X1 juga akan mempengaruhi disk paritas X4. Pada baris kedua, kita tambahkan suku { X1(i) { X1(i)]. Karena eksklusif-OR dari setiap kuantitas dengan dirinya sendiri adalah 0, ini tidak mempengaruhi persamaan. Namun, kemudahan itulah yang digunakan untuk membuat baris ketiga, dengan cara menyusun ulang. Akhirnya, Persamaan (6.1) digunakan untuk menggantikan empat suku pertama dengan X4(i).

**6.3 / MEMORY OPTIK 28**

Untuk menghitung paritas baru, perangkat lunak manajemen array harus membaca strip pengguna lama dan strip paritas lama. Kemudian dapat memperbarui dua strip ini dengan data baru dan paritas yang baru dihitung. Jadi, setiap penulisan strip melibatkan dua pembacaan dan dua penulisan.

Dalam hal penulisan I/O ukuran lebih besar yang melibatkan strip pada semua drive disk, paritas mudah dihitung dengan perhitungan hanya menggunakan bit data baru. Dengan demikian, drive paritas dapat diperbarui secara paralel dengan drive data dan tidak ada membaca atau menulis ekstra.

Bagaimanapun, setiap operasi tulis harus melibatkan disk paritas, yang karenanya dapat menjadi hambatan.

**RAID Level 5**

RAID 5 diatur dengan cara yang mirip dengan RAID 4. Perbedaannya adalah RAID 5 mendistribusikan strip paritas ke semua disk. Alokasi tipikal adalah skema round-robin, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6.8f. Untuk array n-disk, strip paritas berada pada disk yang berbeda untuk n strip pertama, dan pola kemudian berulang.

Distribusi strip paritas di semua drive menghindari potensi kemacetan I/O yang ditemukan di RAID 4.

**RAID Level 6**

RAID 6 diperkenalkan dalam makalah berikutnya oleh para peneliti Berkeley [KATZ89]. Dalam skema RAID 6, dua perhitungan paritas yang berbeda dilakukan dan disimpan dalam blok terpisah pada disk yang berbeda. Jadi, array RAID 6 yang data penggunanya memerlukan N disk terdiri dari N + 2 disk.

Gambar 6.8g mengilustrasikan skema. P dan Q adalah dua algoritma pemeriksaan data yang berbeda. Salah satu dari keduanya adalah kalkulasi OR eksklusif yang digunakan dalam RAID 4 dan 5. Namun yang lainnya adalah algoritme pemeriksaan data independen. Hal ini memungkinkan untuk membuat ulang data bahkan jika dua disk yang berisi data pengguna gagal.

Keuntungan RAID 6 adalah menyediakan ketersediaan data yang sangat tinggi. Tiga disk harus gagal dalam interval MTTR (waktu rata-rata untuk memperbaiki) untuk menyebabkan data hilang. Di sisi lain, RAID 6 menimbulkan penalti penulisan yang substansial, karena setiap penulisan memengaruhi dua blok paritas. Tolok ukur kinerja [EISC07] menunjukkan pengontrol RAID 6 dapat mengalami penurunan lebih dari 30% dalam kinerja penulisan keseluruhan dibandingkan dengan implementasi RAID 5. Kinerja baca RAID 5 dan RAID 6 sebanding.

Tabel 6.4 adalah ringkasan komparatif dari tujuh tingkat.

**6.3 / MEMORI OPTIK 29**

**6.3 MEMORI OPTIK**

Pada tahun 1983, salah satu produk konsumen paling sukses sepanjang masa diperkenalkan: sistem audio digital compact disk (CD). CD adalah disk yang tidak dapat dihapus yang dapat menyimpan lebih dari 60 menit informasi audio di satu sisi. Keberhasilan komersial yang besar CD memungkinkan pengembangan teknologi penyimpanan disk optik berbiaya rendah yang telah merevolusi penyimpanan data komputer. Berbagai sistem optical-disk telah diperkenalkan (Tabel 6.5). Kami meninjau secara singkat masing-masing.

**Tabel 6.4** Perbandingan RAID

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tingkat** | **Keuntungan** | **Kekurangan** | **Aplikasi** |
| 0 | I/O kinerja sangat  ditingkatkan dengan menyebarkan I/O  memuat di  banyak saluran dan drive  Tidak ada overhead perhitungan paritas  terlibat  Desain yang sangat sederhana  Mudah diterapkan | Kegagalan hanya satu  drive akan menghasilkan semua  data dalam array menjadi  kehilangan | Produksi dan  pengeditan Video Pengeditan Gambar  Aplikasi pra-tekan Aplikasi  apa pun yang membutuhkan  bandwidth tinggi |
| 1 | 100% redundansi data berarti  tidak diperlukan pembangunan kembali jika terjadi a kegagalan disk, hanya salinan ke  pengganti disk  Dalam keadaan tertentu,  RAID 1 dapat mempertahankan banyak  simultan kegagalan drive  Desain subsistem penyimpanan RAID paling sederhana | Disk tertinggi  overhead dari semua RAID  jenis (100%)—  tidak efisien | Akuntansi  Penggajian  Keuangan  Aplikasi apa pun yang membutuhkan ketersediaan sangat tinggi |
| 2 | Transfer data sangat tinggi  tarif mungkin  Semakin tinggi kecepatan transfer data diperlukan, semakin baik rasio  data ke disk ECC  Pengontrol yang relatif sederhana  desain dibandingkan dengan RAID  level 3, 4 & 5 | Rasio ECC yang sangat tinggi  disk ke disk data  dengan kata yang lebih kecil  ukuran-  tidak efisien  Biaya entry level sangat  tinggi—membutuhkan sangat  kecepatan transfer tinggi  persyaratan untuk membenarkan | Tidak ada komersial  implementasi ada/  tidak layak secara komersial |

**6.3 / OPTICAL MEMORY 30**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 3 | Kecepatan transfer data baca sangat tinggi Kecepatan transfer data tulis sangat tinggi  Kegagalan disk tidak signifikan  berdampak pada throughput  Rasio disk ECC (paritas) rendah terhadap  disk data berarti efisiensi tinggi | Tingkat transaksi sama  dengan satu disk  mengemudi dengan baik (jika  spindel adalah  disinkronkan)  Desain pengontrol adalah  yang cukup kompleks | produksi Video  live streaming  Pengeditan gambar Pengeditan  video  Aplikasi prepress Aplikasi  apa pun yang membutuhkan |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | throughput tinggi |
| 4 | Sangat tinggi Kecepatan baca transaksi data Rasio  rendah dari disk ECC (paritas) ke  disk data berarti efisiensi tinggi | Cukup rumit  pengontrol desain  terburuk  tingkat transaksi dan  Tulis agregat  kecepatan transfer  Sulit dan tidak efisien  membangun kembali data di  peristiwa kegagalan disk | Tidak ada komersial  implementasi ada/  tidak layak secara komersial |

(Lanjutan)

**Tabel 6.4** Lanjutan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tingkat** | **Keuntungan** | **Kekurangan** | **Aplikasi** |
| 5 | Kecepatan transaksi data Baca Tertinggi  Rasio disk ECC (paritas) rendah untuk  disk data berarti efisiensi tinggi  Bagus  kecepatan transfer agregat | Paling kompleks  pengontrol desain  Sulit untuk dibangun kembali  peristiwa disk  kegagalan  (dibandingkan dengan RAID  tingkat 1) | File dan aplikasi  server Server  database  Web, email, dan berita  server  Intranet server  paling serbaguna |
| 6 | Menyediakan data yang sangat tinggi toleransi kesalahan dan dapat mempertahankan  beberapa kegagalan drive simultan | Lebih kompleks  pengontrol desain  Kontroler di atas kepala ke  menghitung paritas  alamat sangat  tinggi | Solusi sempurna untuk  misi penting  aplikasi |

**Tabel 6.5** Produk Disk Optik

**6.3 / OPTICAL MEMORY 31**

|  |
| --- |
| **CD**  Compact Disk.Disk yang tidak dapat dihapus yang menyimpan informasi audio digital.Sistem standar menggunakan 12-cm disk dan dapat merekam lebih dari 60 menit waktu pemutaran tanpa gangguan.  **CD ROM**  Compact Disk Read-Only Memory. Disk yang tidak dapat dihapus yang digunakan untuk menyimpan data komputer. Sistem standar menggunakan disk 12-cm dan dapat menampung lebih dari 650 Mbytes.  **CD-R** CD Dapat Direkam. Mirip dengan CD-ROM. Pengguna dapat menulis ke disk hanya sekali.  **CD-RW**  CD Dapat Ditulis Ulang. Mirip dengan CD-ROM. Pengguna dapat menghapus dan menulis ulang ke disk beberapa kali. **DVD**  Disk Serbaguna Digital.Teknologi untuk menghasilkan representasi video terkompresi dan digital informasi, serta volume besar data digital lainnya. Diameter 8 dan 12 cm digunakan, dengan a kapasitas dua sisi hingga 17 Gbytes. DVD dasar adalah hanya-baca (DVD-ROM).  **DVD-R**  DVD Dapat Direkam. Mirip dengan DVD-ROM. Pengguna dapat menulis ke disk hanya sekali. Hanya disk satu sisi yang bisa digunakan .  **DVD-RW**  DVD Dapat Ditulis Ulang. Mirip dengan DVD-ROM. Pengguna dapat menghapus dan menulis ulang ke disk beberapa kali. Hanya satu sisi disk dapat digunakan.  **DVD Blu-ray**  Disk video definisi tinggi. Menyediakan kepadatan penyimpanan data yang jauh lebih besar daripada DVD, menggunakan 405-nm (biru violet) laser.Satu lapisan pada satu sisi dapat menyimpan 25 Gbyte. |

**pelindung**

**Akrilik**

**Laser mengirim/**

**menerima**

**Aluminium**

**Polikarbonat**

**plastik**

**Label**

**Tanah**

**Lubang**

**Gambar 6.10** Pengoperasian

**Compact Disk**

***CD CD-ROM*** Baik CD audio maupun CD-ROM (memori hanya-baca compact disk) memiliki teknologi yang sama. Perbedaan utama adalah bahwa pemutar CD-ROM lebih kokoh dan memiliki perangkat koreksi kesalahan untuk memastikan bahwa data ditransfer dengan benar dari disk ke komputer

**6.3 / OPTICAL MEMORY 32**

. Kedua jenis disk ini dibuat dengan cara yang sama. Disk ini dibuat dari resin, seperti polikarbonat. Informasi yang direkam secara digital (baik musik atau data komputer) dicetak sebagai serangkaian lubang mikroskopis pada permukaan polikarbonat. Hal ini dilakukan, pertama-tama, dengan laser intensitas tinggi yang terfokus secara halus untuk membuat disk master. Master digunakan, pada gilirannya, untuk membuat cetakan untuk membasmi salinan ke polikarbonat. Permukaan yang diadu kemudian dilapisi dengan permukaan yang sangat reflektif, biasanya aluminium atau emas. Permukaan mengkilap ini dilindungi dari debu dan goresan oleh lapisan atas akrilik bening. Akhirnya, label dapat disablon pada akrilik.

Informasi diambil dari CD atau CD-ROM oleh laser bertenaga rendah yang ditempatkan di pemutar disk optik, atau unit drive. Laser bersinar melalui polikarbonat bening sementara motor memutar piringan melewatinya (Gambar 6.10). Intensitas cahaya yang dipantulkan dari laser berubah saat bertemu dengan lubang. Secara khusus, jika sinar laser jatuh pada lubang, yang memiliki permukaan agak kasar, cahaya akan menyebar dan intensitas rendah dipantulkan kembali ke sumbernya. Daerah antara lubang disebut *tanah*. Tanah adalah permukaan halus, yang memantulkan kembali pada intensitas yang lebih tinggi. Perubahan antara lubang dan tanah dideteksi oleh fotosensor dan diubah menjadi sinyal digital. Sensor menguji permukaan secara berkala. Awal atau akhir lubang mewakili 1; ketika tidak ada perubahan ketinggian yang terjadi di antara interval, 0 dicatat.

Ingatlah bahwa pada disk magnetik, informasi direkam dalam jalur konsentris. Dengan sistem kecepatan sudut konstan (CAV) yang paling sederhana, jumlah bit per track adalah konstan. Peningkatan densitas dicapai dengan perekaman beberapa zona, di mana permukaan dibagi menjadi beberapa zona, dengan zona yang lebih jauh dari pusat berisi bit lebih banyak daripada zona yang lebih dekat ke pusat. Meskipun teknik ini meningkatkan kapasitas, itu masih belum optimal.

Untuk mencapai kapasitas yang lebih besar, CD dan CD-ROM tidak mengatur informasi pada

trek konsentris. Sebaliknya, disk berisi trek spiral tunggal, mulai dekat

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **00** | **FF ...**  **FF** | **00** | **M**  **IN** | **SE**  **\_**  **C** | **Sek**  **Mod**  **atau** | **\_**  **\_**  **e** | **Data** | **Berlapis**  **ECC** |

**12 byte SYNC 4 byte ID**

**288 byte**

**L-ECC 2352 byte**

**2048 byte Data**

**Gambar 6.11** Format Blok CD-ROM

**6.3 / OPTICAL MEMORY 33**

bagian tengah dan spiral keluar ke tepi luar disk. Sektor di dekat bagian luar disk adalah sama panjang dengan yang di dekat bagian dalam. Dengan demikian, informasi dikemas secara merata di seluruh disk dalam segmen dengan ukuran yang sama dan ini dipindai pada kecepatan yang sama dengan memutar disk pada kecepatan variabel. Lubang kemudian dibaca oleh laser pada **kecepatan linier konstan** (CLV). Disk berputar lebih lambat untuk akses dekat tepi luar daripada yang dekat pusat. Dengan demikian, kapasitas lintasan dan penundaan rotasi keduanya meningkat untuk posisi yang lebih dekat dengan tepi luar piringan. Kapasitas data untuk CD ROM adalah sekitar 680 MB.

Data pada CD-ROM diatur sebagai urutan blok. Format blok yang khas ditunjukkan pada Gambar 6.11. Ini terdiri dari bidang berikut:

• **Sinkronisasi:** Bidang sinkronisasi mengidentifikasi awal blok. Ini terdiri dari satu byte dari semua 0s, 10 byte dari semua 1s, dan satu byte dari semua 0s.

• **Header:** Header berisi alamat blok dan byte mode. Mode 0 menentukan bidang data kosong; mode 1 menentukan penggunaan kode koreksi kesalahan dan 2048 byte data; mode 2 menentukan 2336 byte data pengguna tanpa kode koreksi kesalahan.

• **Data: Data** pengguna.

• **Auxiliary:** Data pengguna tambahan dalam mode 2. Dalam mode 1, ini adalah kode koreksi kesalahan 288-byte.

Dengan penggunaan CLV, akses acak menjadi lebih sulit. Menemukan alamat tertentu melibatkan memindahkan kepala ke area umum, menyesuaikan kecepatan rotasi dan membaca alamat, dan kemudian membuat sedikit penyesuaian untuk menemukan dan mengakses sektor tertentu.

CD-ROM cocok untuk pendistribusian data dalam jumlah besar ke sejumlah besar pengguna. Karena biaya proses penulisan awal, tidak sesuai untuk aplikasi individual. Dibandingkan dengan disk magnetik tradisional, CD-ROM memiliki dua keunggulan:

• Disk optik bersama dengan informasi yang tersimpan di dalamnya dapat direplikasi secara massal dengan biaya murah—tidak seperti disk magnetik. Database pada disk magnetik harus direproduksi dengan menyalin satu disk pada satu waktu menggunakan dua disk drive.

• Disk optik dapat dilepas, memungkinkan disk itu sendiri digunakan untuk penyimpanan arsip. Sebagian besar disk magnetik tidak dapat dilepas. Informasi pada disk magnetik yang tidak dapat dilepas harus terlebih dahulu disalin ke media penyimpanan lain sebelum disk drive/disk dapat digunakan untuk menyimpan informasi baru.

Kekurangan CD-ROM adalah sebagai berikut:

**6.3 / OPTICAL MEMORY 34**

• Ini hanya-baca dan tidak dapat diperbarui.

• Memiliki waktu akses yang jauh lebih lama dibandingkan dengan drive disk magnetik, sebanyak setengah detik.

***CD RECORDABLE*** Untuk mengakomodasi aplikasi di mana hanya satu atau sejumlah kecil salinan dari sekumpulan data yang dibutuhkan, CD tulis-sekali baca-banyak, yang dikenal sebagai CD recordable (CD-R), telah dikembangkan. Untuk CD-R, disk disiapkan sedemikian rupa sehingga selanjutnya dapat ditulis satu kali dengan sinar laser dengan intensitas sedang. Jadi, dengan pengontrol disk yang agak lebih mahal daripada CD-ROM, pelanggan juga dapat menulis satu kali. sebagai membaca disk.

Media CD-R mirip tetapi tidak identik dengan CD atau CD-ROM. Untuk CD dan CD-ROM, informasi direkam oleh lubang permukaan media, yang mengubah reflektifitas. Untuk CD-R, media mencakup lapisan pewarna. Pewarna digunakan untuk mengubah reflektifitas dan diaktifkan oleh laser intensitas tinggi. Disk yang dihasilkan dapat dibaca pada drive CD-R atau drive CD-ROM.

Disk optik CD-R menarik untuk penyimpanan arsip dokumen dan file. Ini memberikan catatan permanen volume besar data pengguna.

***CD REWRITABLE*** Disk optik CD-RW dapat ditulis dan ditimpa berulang kali, seperti pada disk magnetik. Meskipun sejumlah pendekatan telah dicoba, satu-satunya pendekatan optik murni yang terbukti menarik disebut **perubahan fase**. Disk perubahan fase menggunakan bahan yang memiliki dua reflektifitas yang berbeda secara signifikan dalam dua keadaan fase yang berbeda. Ada keadaan amorf, di mana molekul menunjukkan orientasi acak yang memantulkan cahaya dengan buruk; dan keadaan kristal, yang memiliki permukaan halus yang memantulkan cahaya dengan baik. Seberkas sinar laser dapat mengubah materi dari satu fase ke fase lainnya. Kerugian utama dari disk optik perubahan fasa adalah bahwa bahan

akhirnya dan secara permanen kehilangan sifat yang diinginkan. Bahan saat ini dapat digunakan untuk antara 500.000 dan 1.000.000 siklus penghapusan.

CD-RW memiliki keunggulan yang jelas dibandingkan CD-ROM dan CD-R yang dapat ditulis ulang dan dengan demikian digunakan sebagai penyimpanan sekunder yang sebenarnya. Dengan demikian, ia bersaing dengan disk magnetik. Keuntungan utama dari disk optik adalah bahwa toleransi teknik untuk disk optik jauh lebih ringan daripada untuk disk magnetik berkapasitas tinggi. Dengan demikian, mereka menunjukkan keandalan yang lebih tinggi dan umur yang lebih panjang.

**Disk Serbaguna Digital**

Dengan disk serbaguna digital (DVD) yang luas, industri elektronik akhirnya menemukan pengganti yang dapat diterima untuk kaset video VHS analog. DVD telah menggantikan kaset video yang digunakan dalam perekam kaset video (VCR) dan, yang lebih penting untuk

**6.3 / OPTICAL MEMORY 35**

, ganti CD-ROM di komputer pribadi dan server. DVD membawa video ke era digital. Ini memberikan film dengan kualitas gambar yang mengesankan, dan dapat dibuat secara acak

**Lapisan**

**Reflektif**

**(aluminium)**

**Substrat polikarbonat Laser**

**berfokus pada lubang polikarbonat di depan lapisan reflektif.** 

**(a) CD-ROM– Kapasitas 682 MB**

**1,2 mm**

Tebal

diakses seperti CD audio, yang

diputar

. Volume data yang besar dapat dijejalkan ke dalam disk, saat ini tujuh kali lipat sebagai

**Lapisan pelindung (akrilik)**

**(plastik)**

**Substrat polikarbonat, sisi 2**

**Lapisan semireflektif, sisi 2**

**Lapisan polikarbonat, sisi 2**

**Lapisan sepenuhnya reflektif, sisi 2**

**Lapisan reflektif penuh, sisi 1 Lapisan polikarbonat, sisi 1**

**Laser berfokus pada lubang dalam satu lapisan Lapisan**

**semireflektif, sisi 1 Substrat polikarbonat, sisi 1**

**1,2 mm** 

**tebal**

**Gambar 6.12** CD-ROM dan DVD-ROM

**pada satu sisi pada satu waktu. Disk harus**

**dibalik untuk membaca sisi lain.**

**(b) DVD-ROM, dua sisi, lapisan ganda – Kapasitas 17 GB**

sama seperti CD-ROM. Dengan kapasitas penyimpanan DVD yang besar dan kualitas yang jelas, game PC menjadi lebih realistis dan perangkat lunak pendidikan menggabungkan lebih banyak video. Mengikuti perkembangan ini telah menjadi puncak lalu lintas baru melalui Internet dan intranet perusahaan, karena materi ini dimasukkan ke dalam situs Web.

**6.3 / OPTICAL MEMORY 36**

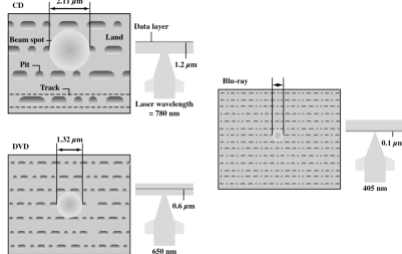
Kapasitas DVD yang lebih besar disebabkan oleh tiga perbedaan dari CD (Gambar 6.12):

**1.** Bit dikemas lebih dekat pada DVD. Jarak antara loop spiral pada CD adalah 1,6 m dan jarak minimum antara lubang sepanjang isme spiral 0,834mm.DVD menggunakan laser dengan panjang gelombang pendek dan jarak capaian loop 0,7 4 mm dan jarak minimum antara lubang 0,4 mm. Hasil dari dua peningkatan ini adalah peningkatan kapasitas sekitar tujuh kali lipat, menjadi sekitar 4,7 GB.

**2.** DVD menggunakan lapisan kedua dari lubang dan mendarat di atas lapisan pertama. DVD duallayer memiliki lapisan semireflektif di atas lapisan reflektif, dan dengan menyesuaikan fokus, laser di drive DVD dapat membaca setiap lapisan secara terpisah. Ini teknik hampir menggandakan kapasitas disk, menjadi sekitar 8,5 GB. Reflektifitas yang lebih rendah dari lapisan kedua membatasi kapasitas penyimpanannya sehingga penggandaan penuh tidak tercapai.

**3.** DVD-ROM bisa dua sisi, sedangkan data direkam hanya di satu sisi CD. Ini membawa total kapasitas hingga 17 GB.

Seperti halnya CD, DVD hadir dalam versi yang dapat ditulisi dan hanya-baca (Tabel 6.5).

**0,58 *Karakteristik*m**

**Gambar 6.13** Memori Optik

**6.3 / MEMORI OPTIK 37**

**Disk Optik Definisi**

Tinggi Disk optik definisi tinggi dirancang untuk menyimpan video definisi tinggi dan menyediakan kapasitas penyimpanan yang jauh lebih besar dibandingkan DVD. Kerapatan bit yang lebih tinggi dicapai dengan menggunakan laser dengan panjang gelombang yang lebih pendek, dalam rentang biru-ungu

. Lubang data, yang merupakan 1s dan 0, lebih kecil pada disk optik definisi tinggi dibandingkan dengan DVD karena panjang gelombang laser yang lebih pendek .

Dua format dan teknologi disk yang bersaing pada awalnya bersaing untuk penerimaan pasar: HD DVD dan Blu-ray DVD. Skema Blu-ray akhirnya mencapai dominasi pasar. Skema HD DVD dapat menyimpan 15 GB pada satu lapisan di satu sisi. Blu-ray memposisikan lapisan data pada disk lebih dekat ke laser (ditunjukkan di sisi kanan setiap diagram pada Gambar 6.13). Ini memungkinkan fokus yang lebih ketat dan distorsi yang lebih sedikit sehingga lubang dan trek yang lebih kecil. Blu-ray dapat menyimpan 25 GB pada satu lapisan. Tersedia tiga versi: hanya baca (BD ROM), dapat direkam sekali (BD-R), dan dapat direkam ulang (BD-RE).

**6.4 PITA MAGNETIK**

Sistem pita menggunakan teknik membaca dan merekam yang sama seperti sistem disk.

Medianya adalah pita poliester fleksibel (mirip dengan yang digunakan pada beberapa pakaian) yang dilapisi dengan bahan yang dapat dimagnetkan. Lapisan tersebut dapat terdiri dari partikel logam murni dalam pengikat khusus atau film logam berlapis uap. Kaset dan tape drive analog dengan sistem tape recorder rumah. Lebar pita bervariasi dari 0,38 cm (0,15 inci) hingga 1,27 cm

**6,3 / OPTICAL MEMORY 38**

**6,4 / MAGNETIC TAPE**

(0,5 inci). Pita digunakan untuk dikemas sebagai gulungan terbuka yang harus dimasukkan melalui spindel kedua untuk digunakan.Saat ini, hampir semua kaset disimpan dalam kartrid.

Data pada rekaman itu disusun sebagai sejumlah trek paralel yang berjalan memanjang. Sistem pita sebelumnya biasanya menggunakan sembilan trek. Hal ini memungkinkan untuk menyimpan data satu byte pada satu waktu, dengan bit paritas tambahan sebagai trek kesembilan. Ini diikuti oleh sistem pita menggunakan 18 atau 36 trek, sesuai dengan kata digital atau kata ganda. Perekaman data dalam bentuk ini disebut sebagai **perekaman paralel**. Kebanyakan sistem modern malah menggunakan **perekaman serial**, di mana data diletakkan sebagai urutan bit di sepanjang setiap trek, seperti yang dilakukan dengan disk magnetik. Seperti halnya disk, data dibaca dan ditulis dalam blok yang berdekatan, yang disebut *catatan fisik,* pada sebuah tape. Blok pada pita dipisahkan oleh celah yang disebut *interrecord* . Seperti halnya disk, kaset diformat untuk membantu menemukan catatan fisik.

Teknik perekaman khas yang digunakan dalam kaset serial disebut sebagai **rekaman serpentine**. Dalam teknik ini, ketika data sedang direkam, set bit pertama direkam di sepanjang pita. Ketika akhir kaset tercapai, kepala direposisi untuk merekam trek baru, dan kaset itu direkam lagi secara keseluruhan, kali ini dalam arah yang berlawanan. Proses itu berlanjut, bolak-balik, sampai kaset penuh. (Gambar 6.14a). Untuk meningkatkan kecepatan,

**Track 2**

**Track 1**

**Track 0**

**Arah**

**bawah**

**pita**

**baca—tulis**

**(a) Membaca dan menulis serpentine**

|  |
| --- |
| **4** |
| **3** |
| **2** |
| **1** |

|  |
| --- |
| **8** |
| **7** |
| **6** |
| **5** |

|  |
| --- |
| **12** |
| **11** |
| **10** |
| **9** |

**Trek 3 Trek 2 Trek 1**

**Trek 0**

**Arah gerakan pita**

|  |
| --- |
| **16** |
| **15** |
| **14** |
| **13** |

|  |
| --- |
| **20** |
| **19** |
| **18** |
| **17** |

**(b) Tata letak blok untuk sistem yang membaca—menulis empat trek secara bersamaan Gambar 6.14** Fitur Pita Magnetik Khas

**Tabel 6.6** Penggerak Pita LTO

**6.3 / MEMORI OPTIK 39**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **LTO-1** | **LTO-2** | **LTO-3** | **LTO-4** | **LTO-5** | **LTO-6** |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tanggal rilis** | 2000 | 2003 | 2005 | 2007 | TBA | TBA |
| **Terkompresi**  **kapasitas** | 200 GB | 400 GB | 800 GB | 1600 GB | 3,2 TB | 6,4 TB |
| **Terkompresi**  **kecepatan transfer**  **(MB/s)** | 40 | 80 | 160 | 240 | 360 | 540 |
| **Kepadatan linier**  **(bit/mm)** | 4880 | 7398 | 9638 | 13300 |  |  |
| **Tape track** | 384 | 512 | 704 | 896 |  |  |
| **Panjang tape** | 609 m | 609 m | 680 m | 820 m |  |  |
| **Lebar tape (cm)** | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 |  |  |
| **Elemen** | 8 | 8 | 16 | 16 |  |  |

read-write head mampu membaca dan menulis sejumlah trek yang berdekatan secara bersamaan (biasanya dua hingga delapan trek). Data masih direkam secara serial di sepanjang trek individu, tetapi blok secara berurutan disimpan di trek yang berdekatan, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.14b.

Tape drive adalah *akses berurutan* . Jika kepala pita diposisikan pada rekaman 1, maka untuk membaca rekaman N*,* perlu membaca rekaman fisik 1 sampai N - 1, satu per satu. Jika kepala saat ini diposisikan di luar rekaman yang diinginkan, perlu untuk memundurkan. kaset jarak tertentu dan mulai membaca ke depan. Berbeda dengan disk, pita hanya bergerak selama operasi baca atau tulis.

Berbeda dengan tape, disk drive disebut sebagai *akses langsung.* Disk drive tidak perlu membaca semua sektor pada disk secara berurutan untuk mendapatkan yang diinginkan. Itu hanya harus menunggu sektor intervensi dalam satu trek dan

dapat membuat akses berturut-turut ke trek apa pun.

Pita magnetik adalah jenis pertama dari memori sekunder. Ini masih banyak digunakan sebagai anggota hierarki memori dengan biaya terendah dan kecepatan paling lambat.

Teknologi pita yang dominan saat ini adalah sistem yang dikenal sebagai linear tape-open (LTO). LTO dikembangkan pada akhir 1990-an sebagai alternatif sumber terbuka untuk berbagai sistem kepemilikan di pasar. Tabel 6.6 menunjukkan parameter untuk berbagai generasi LTO. Lihat Lampiran J untuk detailnya.

**6.3 / MEMORI OPTIK 40**

**6.5 PEMBACAAN DAN SITUS WEB YANG DIREKOMENDASIKAN**

[JACO08] menyediakan cakupan yang solid dari disk magnetik.[MEE96a] memberikan survei yang baik tentang teknologi perekaman yang mendasari sistem disk dan tape. [MEE96b] berfokus pada teknik penyimpanan data untuk sistem disk dan tape. [COME00] adalah artikel singkat namun instruktif tentang

**6.5 / DIREKOMENDASIKAN MEMBACA DAN SITUS WEB**

tren terkini dalam teknologi penyimpanan disk magnetik[RADD08] dan [ANDE03] memberikan diskusi yang lebih baru tentang teknologi penyimpanan disk magnetik.

Sebuah survei yang sangat baik dari teknologi RAID, yang ditulis oleh penemu konsep RAID, adalah [CHEN94]. Makalah ikhtisar yang baik adalah [FRIE96]. Perbandingan kinerja yang baik dari arsitektur RAID adalah [CHEN96].

[MARC90] memberikan gambaran yang sangat baik tentang bidang penyimpanan optik. Sebuah survei yang baik dari teknologi perekaman dan membaca yang mendasari adalah [MANS97].

[ROSC03] memberikan gambaran menyeluruh tentang semua jenis sistem memori eksternal, dengan sedikit detail teknis pada masing-masing sistem. [KHUR01] adalah survei bagus lainnya.

[HAEU07] memberikan pengobatan rinci LTO.

|  |
| --- |
| **ANDE03** Anderson, D. "Anda Tidak Tahu Jack Tentang Disk." *Antrian ACM*, Juni 2003.  **CHEN94** Chen, P.; Lee, E.; Gibson, G.; Katz, R.; dan Patterson, D. “RAID:  Berkinerja Tinggi dan Andal.” *Survei Komputasi ACM,* Juni 1994.  **CHEN96** Chen,S.,dan Towsley,D.“Evaluasi Kinerja RAID  Ilmu bangunan." *IEEE Transaksi* Oktober 1996.  **COME00** Comerford, R. "Penyimpanan Magnetik: Media yang Tidak Akan Mati." *IEEE Spectrum*, Desember 2000.  **FRIE96** Friedman, M. “RAID Terus Maju dan Maju dan . . .” *Spektrum IEEE*, April 1996. **HAUE08** Haeusser, B., dkk. *Panduan Perpustakaan Pita Penyimpanan Sistem IBM untuk Open Sistem.* IBM Redbook SG24-5946-05, Oktober 2007. ibm.com/redbooks  **JACO08** Jacob, B.; Ng, S.; dan Wang, D. *Sistem Memori: Cache, DRAM, Disk.* Boston: Morgan Kaufmann, 2008.  **KHUR01** Khurshudov, A.*Panduan Penting untuk Penyimpanan Data Komputer.* Atas Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.  **MANS97** Mansuripur, M., dan Sincerbox, G.“Principles and Techniques of Data Optik Penyimpanan *Prosiding IEEE,* November 1997.  **MARC90** Marchant,A. *Perekaman Optik.* Membaca, MA:Addison-Wesley, 1990. **MEE96a** Mee, C., dan Daniel, E. eds. *Teknologi Perekaman Magnetik.* New York: McGraw-Hill, 1996.  **MEE96b** Mee, C., dan Daniel, E. eds. *Buku Pegangan Penyimpanan Magnetik.* Baru  York: McGrawHill, 1996.  **RADD08** Radding, A. "Disk Kecil, Spesifikasi Besar." *Majalah Penyimpanan,* September 2008 **ROSC03** Rosch, W. *Winn L. Rosch Hardware Bible.* Indianapolis, DI: Que Publishing, 2003. |

**Situs Web yang Direkomendasikan:**

• **Asosiasi Teknologi Penyimpanan Optik:** Sumber informasi yang baik tentang teknologi dan vendor penyimpanan optik, ditambah daftar ekstensif tautan yang relevan

**6.3 / MEMORI OPTICAL 41**

• **Situs Web LTO:** Menyediakan informasi tentang teknologi LTO dan vendor berlisensi **6.6**

**ISTILAH KUNCI, PERTANYAAN TINJAUAN, DAN MASALAH**

**Istilah Kunci**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| waktu akses  Blu-ray  CD  CD ROM  CD-R  CD-RW  kecepatan sudut konstan  (CAV)  kecepatan linier konstan  (CLV) silinder  DVD  DVD-ROM  DVD-R | DVD-RW  disk kepala tetap  floppy disk gap head land  magnetik disk magnetik  pita magnetoresistif  disk kepala bergerak  rekaman beberapa zona  optik disk yang tidak dapat dilepas  memori | lubang  piring  SERANGAN  disk yang dapat dilepas  penundaan rotasi  sektor mencari waktu  rekaman serpentine  substrat data bergaris  melacak waktu transfer |

**Pertanyaan Tinjauan**

**6.1** Apa keuntungan menggunakan substrat kaca untuk piringan magnetik?

**6.2** Bagaimana data ditulis ke dalam disk magnetik?

**6.3** Bagaimana data dibaca dari disk magnetik?

**6.4** Jelaskan perbedaan antara sistem CAV sederhana dan sistem perekaman zona ganda. **6.5** Definisikan istilah *trek, silinder,* dan *sektor*.

**6.6** Berapa ukuran sektor disk yang umum?

**6.7** Mendefinisikan istilah *mencari waktu, penundaan rotasi, waktu akses,* dan *waktu transfer*.

**6.8** Karakteristik umum apa yang dimiliki oleh semua level RAID?

**6.9** Secara singkat mendefinisikan tujuh tingkat RAID.

**6.10** Jelaskan istilah *data bergaris*.

**6.11** Bagaimana redundansi dicapai dalam sistem RAID?

**6.12** Dalam konteks RAID, apa perbedaan antara akses paralel dan akses independen? **6.13** Apa perbedaan antara CAV dan CLV?

**6.14** Apa perbedaan antara akun CD dan DVD untuk kapasitas yang lebih besar dari yang terakhir? **6.15** Menjelaskan rekaman serpentine.

**Soal**

**6.1** Pertimbangkan disk dengan N trek bernomor dari 0 hingga (N 1) dan asumsikan bahwa sektor yang diminta didistribusikan secara acak dan merata di atas disk. Kami ingin menghitung jumlah rata-rata trek yang dilalui oleh pencarian.

**sebuah.** Pertama, hitung peluang pencarian dengan panjang j ketika kepala saat ini diposisikan di atas lintasan t. *Petunjuk:* Ini adalah masalah menentukan jumlah total kombinasi, dengan mengakui bahwa semua posisi trek untuk tujuan pencarian memiliki kemungkinan yang sama.

**6.6 / ISTILAH KUNCI, PERTANYAAN TINJAUAN, DAN MASALAH**

**b.** Selanjutnya, hitung probabilitas pencarian dengan panjang K. *Petunjuk:* ini melibatkan penjumlahan semua kemungkinan kombinasi pergerakan lintasan K.

**c.** Hitung jumlah rata-rata lintasan yang dilalui oleh sebuah seek, menggunakan rumus untuk nilai harapan *N* -1

E[x] = ai \* Pr[x = i]

i=0

**6.3 / OPTICAL MEMORY 42**

*Petunjuk:* Gunakan persamaan: an i = n(n ~~+ 1); a~~n ~~i~~2 ~~=~~ n(n + 1)(2n + 1).

i=1 2 i=1 6

**d.** Tunjukkan bahwa untuk nilai N yang besar*,* jumlah rata-rata lintasan yang dilalui oleh suatu pencarian mendekati N/3. **6.2** Tentukan berikut ini untuk sistem disk: ts = mencari waktu; waktu rata-rata untuk memposisikan head over track

r = kecepatan rotasi disk, dalam putaran per detik

n = jumlah bit per sektor N = kapasitas trek, dalam bit tA =

waktu untuk mengakses suatu sektor

Kembangkan rumus untuk tA sebagai fungsi dari parameter lainnya.

**6.3** Pertimbangkan drive disk magnetik dengan 8 permukaan, 512 trek per permukaan, dan 64 sektor per trek. Ukuran sektor adalah 1 KB.Waktu pencarian rata-rata adalah 8 ms, waktu akses track-to-track adalah 1,5

ms, dan drive berputar pada 3600 rpm.Trek berurutan dalam silinder dapat dibaca tanpa gerakan kepala. **sebuah.** Berapa kapasitas disk?

**b.** Berapa waktu akses rata-rata? Asumsikan file ini disimpan di sektor berturut-turut dan trek silinder berturut-turut, mulai dari sektor 0, trek 0, silinder i.

**c.** Perkirakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer file berukuran 5 MB.

**d.** Berapa kecepatan transfer burst?

**6.4** Pertimbangkan disk piringan tunggal dengan parameter berikut: kecepatan putaran: 7200 rpm; jumlah trek di satu sisi piring: 30.000; jumlah sektor per trek: 600; mencari waktu: satu ms untuk setiap seratus trek yang dilalui. Biarkan disk menerima permintaan untuk mengakses sektor acak pada trek acak dan menganggap kepala disk dimulai pada trek 0.

**a.** Berapa waktu pencarian rata-rata?

**b.** Berapa rata-rata latensi rotasi?

**c.** Berapa waktu transfer untuk suatu sektor?

**d.** Berapa waktu rata-rata total untuk memenuhi permintaan?

**6.5** Perbedaan dibuat antara catatan fisik dan catatan **logis. Catatan logis** adalah kumpulan elemen data terkait yang diperlakukan sebagai unit konseptual, tidak tergantung pada bagaimana atau di mana informasi disimpan. **Catatan fisik** adalah area yang berdekatan dari ruang penyimpanan yang ditentukan oleh karakteristik perangkat penyimpanan dan sistem operasi. Asumsikan sistem disk di mana setiap catatan fisik berisi tiga puluh catatan logis 120-byte. Hitung berapa banyak ruang disk (dalam sektor, trek, dan permukaan)

yang diperlukan untuk menyimpan 300.000 catatan logis jika disk adalah sektor tetap dengan 512 byte/sektor, dengan 96 sektor/trek, 110 trek per permukaan, dan 8 permukaan yang dapat digunakan . Abaikan record header file dan indeks track, dan asumsikan record tidak dapat menjangkau dua sektor. **6.6** Pertimbangkan sebuah piringan yang berputar pada 3600 rpm. Waktu pencarian untuk memindahkan kepala di antara trek yang berdekatan adalah 2 ms. Ada 32 sektor per track, yang disimpan dalam urutan linier dari sektor 0 hingga sektor 31. Head melihat sektor dalam urutan menaik. Asumsikan head baca/tulis diposisikan di awal sektor 1 pada track 8. Ada buffer memori utama yang cukup besar untuk menampung seluruh track. Data ditransfer antar lokasi disk dengan membaca dari track sumber ke buffer memori utama dan kemudian menulis tanggal dari buffer ke track target.

**sebuah.** Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer sektor 1 di jalur 8 ke sektor 1 di jalur 9?

**b.** Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer semua sektor trek 8 ke sektor yang sesuai dari trek 9? **6.7** Harus jelas bahwa striping disk dapat meningkatkan kecepatan transfer data ketika ukuran strip kecil dibandingkan dengan ukuran permintaan I/O. Juga harus jelas bahwa RAID 0 memberikan peningkatan kinerja relatif terhadap satu disk besar, karena beberapa permintaan I/O dapat ditangani secara paralel. Namun, dalam kasus terakhir ini, apakah disk striping diperlukan? Yaitu, apakah striping disk meningkatkan kinerja tingkat permintaan I/O dibandingkan dengan array disk yang sebanding tanpa striping? **6.8** Pertimbangkan array RAID 4-drive, 200GB-per-drive. Berapa kapasitas penyimpanan data yang tersedia untuk setiap level RAID, 0, 1, 3, 4, 5, dan 6?

**6.9** Untuk compact disk, audio dikonversi ke digital dengan sampel 16-bit, dan diperlakukan aliran byte 8-bit untuk penyimpanan. Satu skema sederhana untuk menyimpan data ini, yang disebut perekaman langsung, adalah mewakili 1 dengan a tanah dan 0 oleh lubang. Sebaliknya, setiap byte diperluas menjadi angka biner 14-bit. Ternyata tepat 256 (28) dari total 16.134 (214) angka 14-bit memiliki setidaknya dua 0 di antara setiap pasangan 1, dan ini adalah angka yang dipilih untuk

**6.3 / OPTICAL MEMORY 43**

ekspansimenjadi 14 bit. Sistem optik mendeteksi keberadaan 1s dengan mendeteksi transisi pit ke land atau land to pit. Sistem optik mendeteksi 0s dengan mengukur jarak antara perubahan intensitas. Skema ini mensyaratkan bahwa tidak ada 1 berturut-turut; maka penggunaan kode 8-ke-14.

Keuntungan dari skema ini adalah sebagai berikut. Untuk diameter sinar laser tertentu, ada ukuran lubang minimum, terlepas dari bagaimana bit diwakili. Dengan skema ini, ukuran lubang minimum ini menyimpan 3 bit, karena setidaknya dua 0 mengikuti setiap 1. Dengan perekaman langsung, lubang yang sama hanya dapat menyimpan satu bit. Mempertimbangkan jumlah bit yang disimpan per pit dan ekspansi 8-ke-14 bit, skema mana yang menyimpan bit paling banyak dan dengan faktor apa?

**6.10** Merancang strategi pencadangan untuk sistem komputer. Salah satu opsi adalah menggunakan disk eksternal plug-in, yang berharga $150 untuk setiap drive 500 GB. Pilihan lainnya adalah membeli tape drive seharga $2500, dan kaset 400 GB seharga $50 masing-masing. (Ini adalah harga yang realistis pada tahun 2008.) Strategi pencadangan tipikal adalah memiliki dua set media cadangan di tempat, dengan cadangan ditulis secara bergantian sehingga jika sistem gagal saat membuat cadangan, versi sebelumnya masih utuh. Ada juga set ketiga yang disimpan di luar lokasi, dengan set di luar lokasi secara berkala ditukar dengan set di tempat.

**sebuah.** Asumsikan Anda memiliki 1 TB (1000 GB) data untuk dicadangkan. Berapa biaya sistem cadangan disk? **b.** Berapa biaya sistem backup tape untuk 1 TB?

**c.** Seberapa besar setiap cadangan harus agar strategi rekaman menjadi lebih murah? **d.** Strategi cadangan seperti apa yang mendukung kaset?

**6.3 / MEMORI OPTIK 44**