

Memori Sekunder



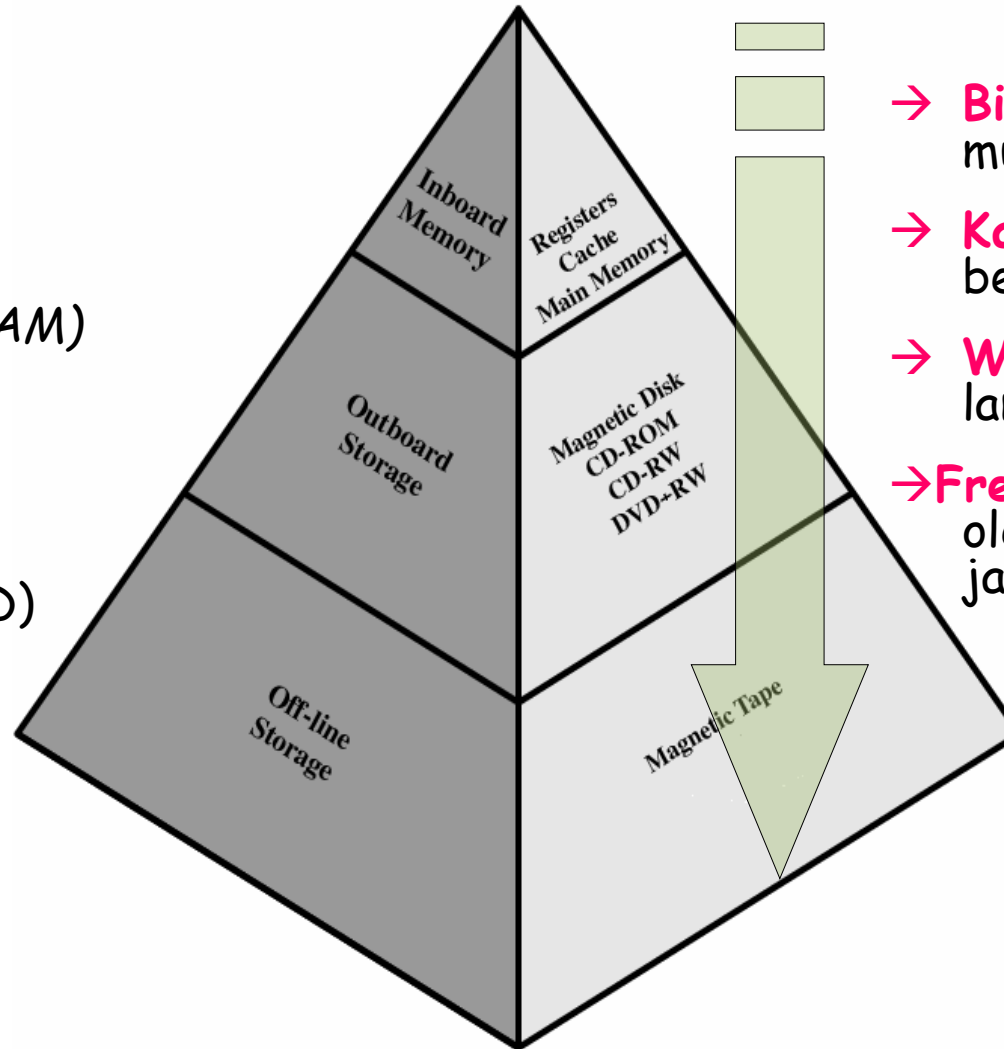
Tim Dosen COA

Fakultas Informatika
Universitas Telkom

Part 1: Bagaimana cara kerja head baca/tulis di *harddisk*?

Hirarki Memori

- Registers
- L1 Cache
- L2 Cache
- Main memory (RAM)
- Disk cache
- Disk (Harddisk)
- Optical (CD, DVD)
- Magnetic tape



→ **Biaya** per bit makin murah

→ **Kapasitas** makin besar

→ **Waktu akses** makin lama

→ **Frekuensi** diakses oleh prosesor makin jarang

Memori Sekunder (Harddisk)



Memori Sekunder (SSD)



USB Flash



NET Technology



CC&C Technologies



Billionton Systems



Cameo Communications



EDIMAX Technolog



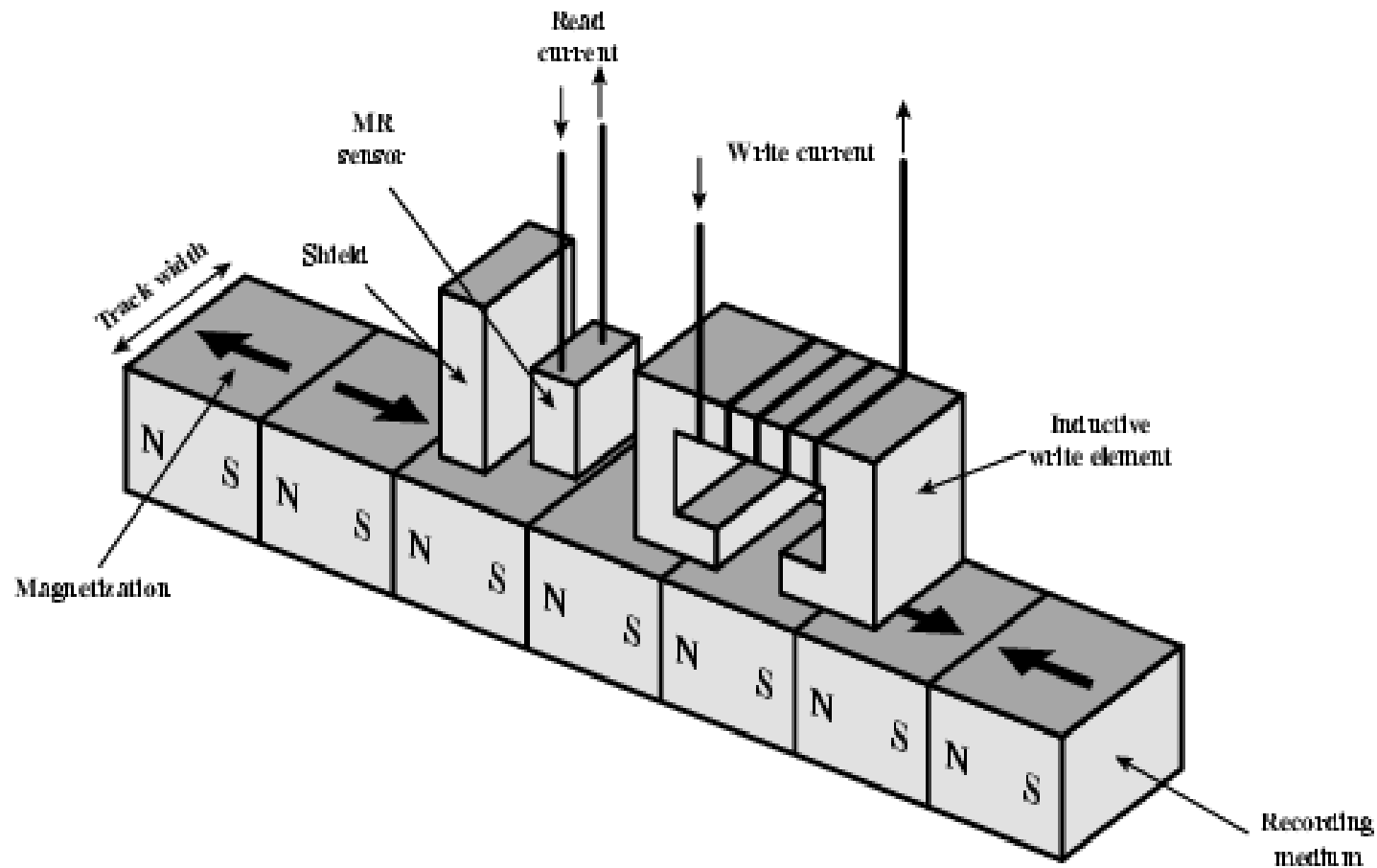
Global Sun Technology



- Memori eksternal:
 - *Magnetic Disc*
 - *Optical Disk*
 - *Magnetic Tape*
 - *USB flash*
 - *Secure Digital (SD) card*
 - *Multimedia Card (MMC)*
 - *Stick memory*
 - *Compact Flash (CF) I dan II*
 - DII
- **Magnetic Disc**
 - Berbentuk piringan dari aluminium, aluminium alloy, atau glass yang dilapisi bahan yang dapat dibuat magnet
 - **Kelebihan** bahan dari glass dibanding bahan yang lain:
 - Lapisan magnet lebih *uniform* → *reliability* naik
 - Mengurangi *read-write error*
 - Mendukung *lower fly heights*
 - Lebih kaku
 - Lebih tahan terhadap guncangan dan kerusakan

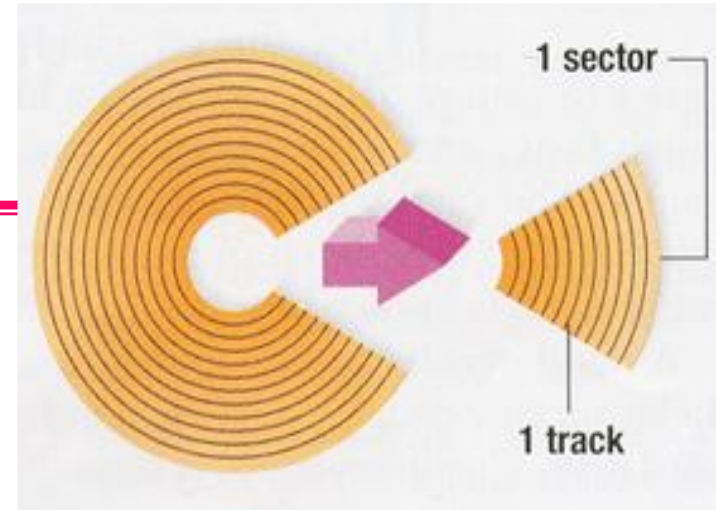
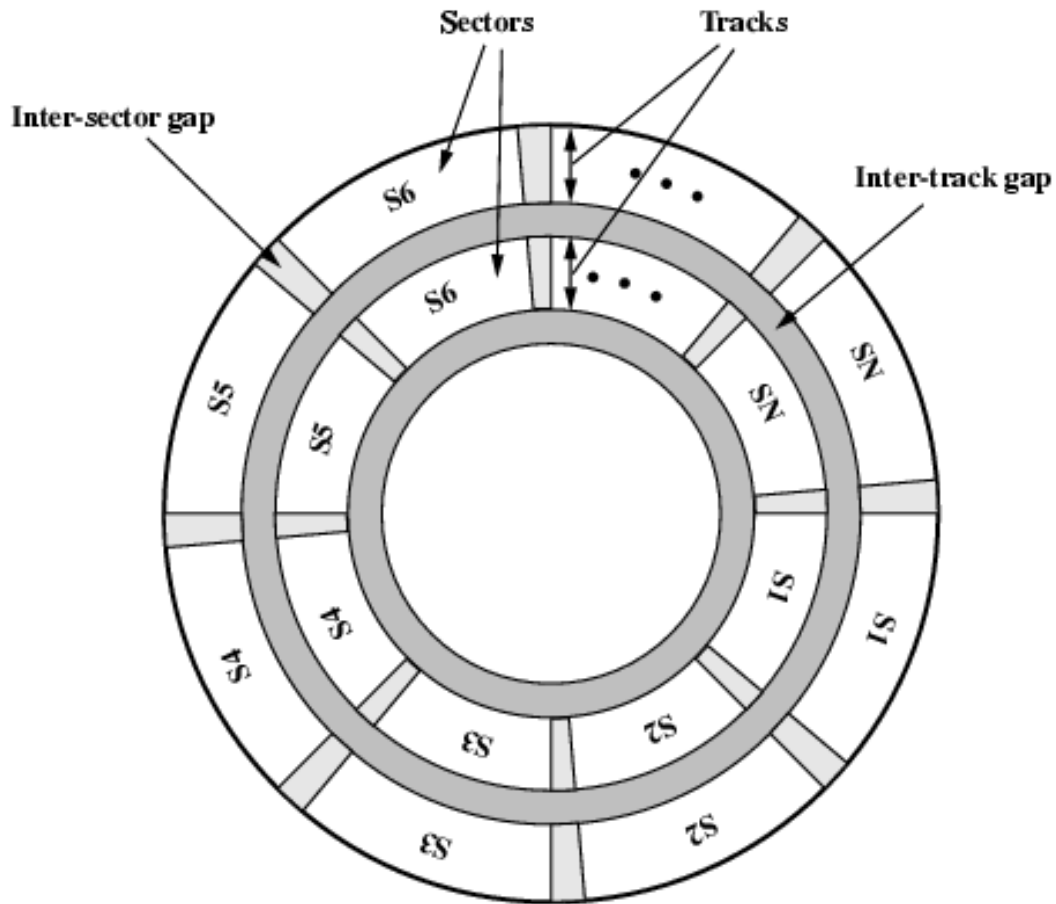
- Mekanisme *read-write*:
 - *Write* dan *read* melalui koil konduktif yang disebut *head*
 - *Head* untuk *read/write* dapat menjadi satu atau terpisah
 - Pada saat baca: *head* diam, *disc* berputar
 - Proses *write*
 - Arus mengalir melalui koil menghasilkan medan magnet
 - Pulsa dikirimkan ke *head*
 - Pola magnetik disimpan pada permukaan disk di bawahnya
 - Proses *read (traditional)*
 - Medan magnet bergerak relatif terhadap koil sehingga menghasilkan arus
 - Koil untuk *read* dan *write* adalah sama
 - Proses *read (contemporary)*
 - Digunakan head terpisah (dekat dengan *head write*)
 - Digunakan sensor *magneto resistive (MR)* yang terpisah
 - Resistansi elektrik nilainya tergantung dari arah medan magnet
 - Dapat digunakan pada operasi dengan frekuensi tinggi → data dan kecepatan lebih tinggi

- Mekanisme *read-write*: (model contemporary)



Magnetic Disc (3)

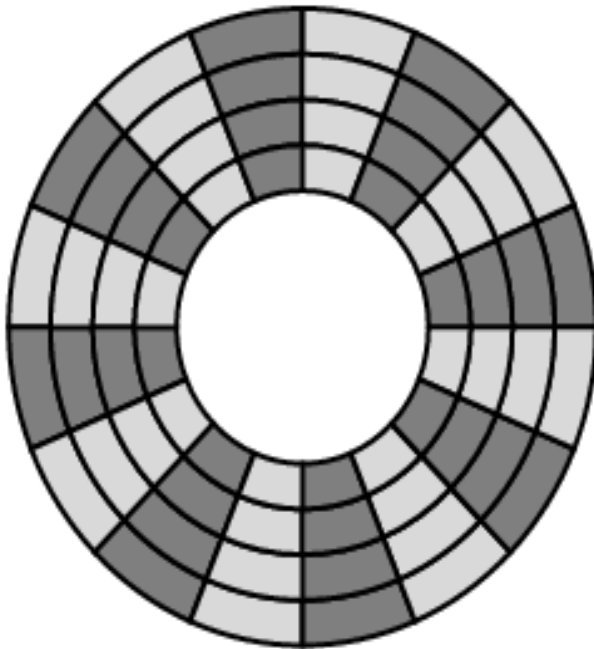
- Pengorganisasian data



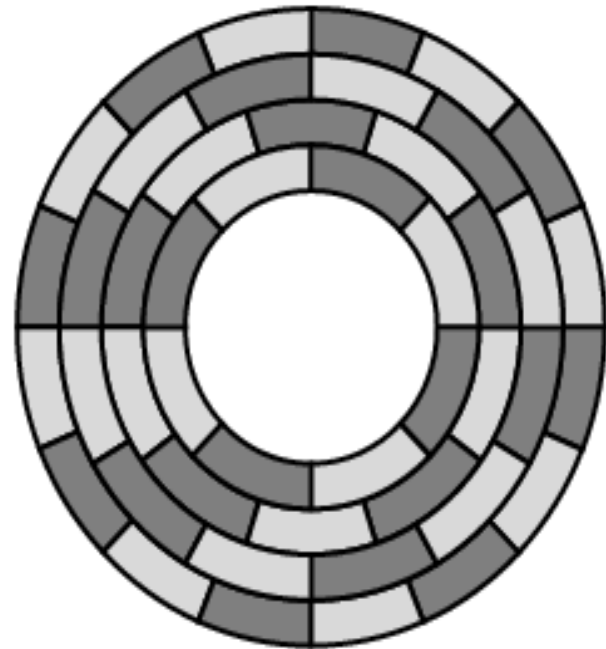
- Satu sisi lingkaran terdiri dari ribuan jalur melingkar yang disebut *track*
- Satu *track* dengan *track* yang lain dipisahkan oleh *intertrack gap*
- Fungsi gap untuk mencegah:
 - interferensi medan magnet
 - *error* akibat salah penempatan *head*
- Satu *track* terdiri dari ratusan sektor yang dipisahkan dengan gap

Magnetic Disc (4)

- *Layout disk*
 - *Constant Angular Velocity (CAV)*
 - *Multiple Zoned Recording (MZR)*



(a) Constant angular velocity



(b) Multiple zoned recording

- *Constant Angular Velocity (CAV):*

	<u>Sektor semakin dalam</u>	<u>Sektor semakin luar</u>
Luas	: - makin sempit	- makin luas
Jumlah byte	: - tetap (sama)	- tetap (sama)
Sector gap	: - makin sempit	- makin renggang
Putaran disk	: - makin pelan	- makin cepat
Data rate	: - tetap (sama)	- tetap (sama)
Jumlah sector/ track	: - tetap (sama)	- tetap (sama)

- Kelebihan/kekurangan CAV:

- (+) Setiap blok data dapat diakses berdasarkan track dan sektor

- (+) Pencarian data lebih cepat

- (-) Data di sektor bagian luar kurang padat

- (-) Kapasitas dibatasi oleh kemampuan sektor bagian dalam menyimpan data

- *Multiple Zoned Recording (MZR)*

- Jumlah sektor tiap track berbeda-beda, makin ke dalam makin sedikit

- Jumlah bit tiap sektor sama

- Luas tiap sektor sama

- Putaran disk tetap

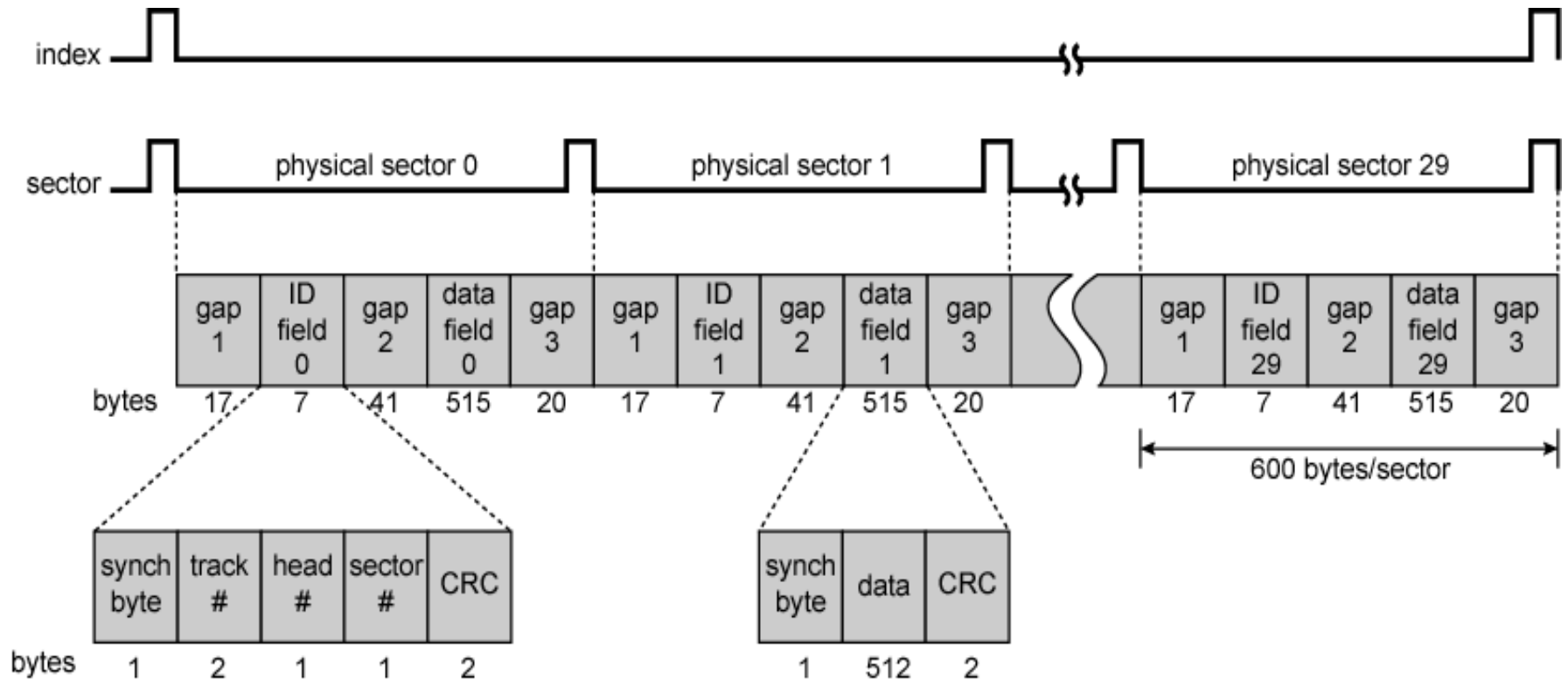
- Kelebihan/kekurangan:

- (+) Kapasitas lebih besar

- (-) Perlu *circuitry* lebih kompleks

Magnetic Disc (7)

Contoh format disk:



- Karakteristik fisik:
 - (a) Gerakan *head*
 - (b) *Disc portability*
 - (c) Jumlah permukaan
 - (d) Jumlah *platter*
 - (e) Mekanisme *head*

(a) Gerakan *head*:

- Tetap (*fixed*) → satu *track* satu *head*
- Bergerak (*movable head*) → satu permukaan satu *head*
 - Head berpindah-pindah dari satu *track* ke *track* yang lain



(b) *Disc portability*:

– *Non removable disc*:

- Disc terpasang permanen di dalam disk drive (misal *harddisk*)

– *Removable disc*:

- Disk dapat dilepas dari *disk drive* dan diganti dengan disk yang lain (misal: floppy disk dan *ZIP cartridge disk*)

(c) Jumlah permukaan:

– *Single-sided* (satu sisi)

– *Double-sided* (dua sisi)

(d) Jumlah *platter*:

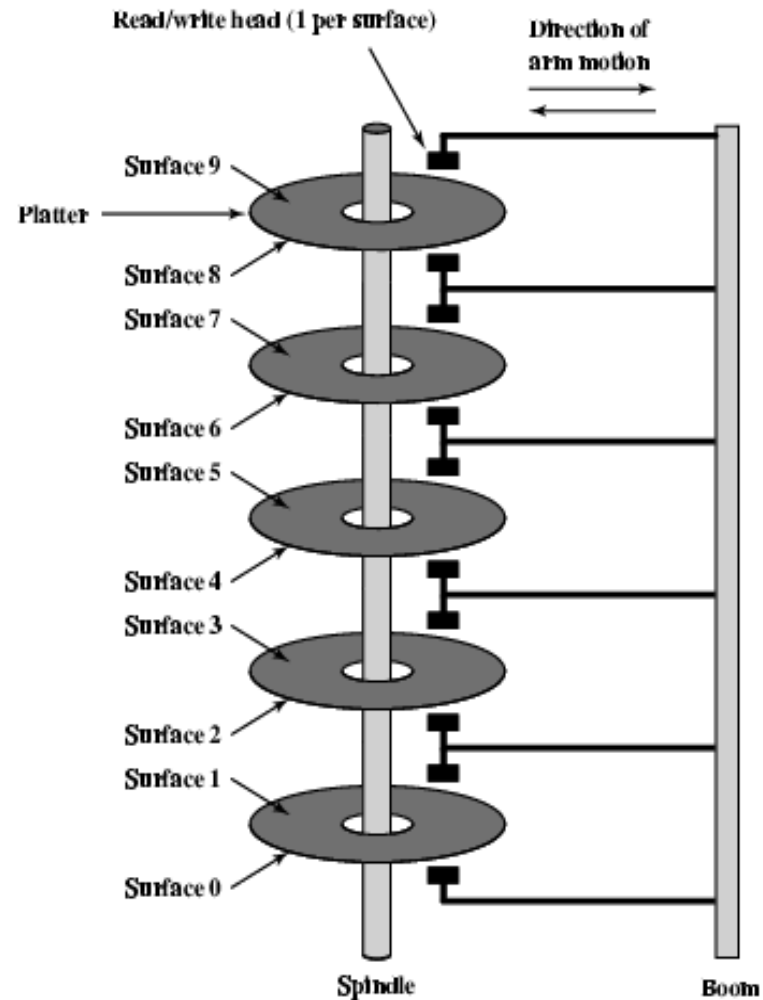
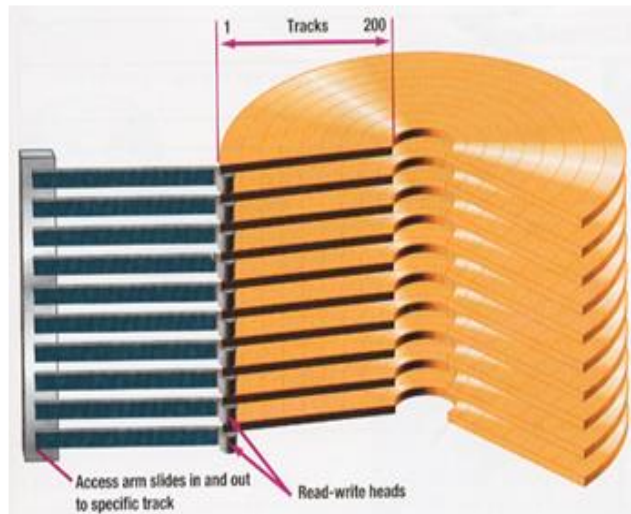
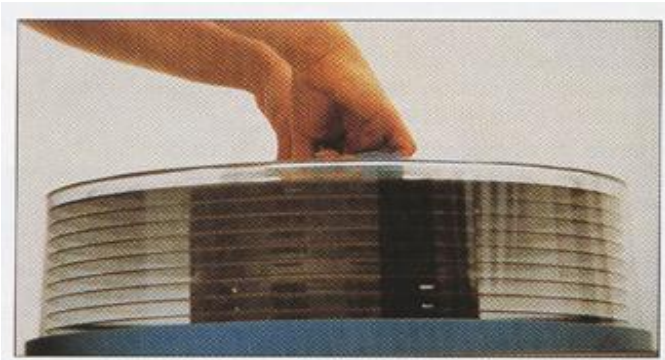
– *Single* (satu piringan, misal *floppy disk*)

– *Multiple* (banyak piringan, misal HD)

- Jumlah head sebanyak jumlah permukaan
- *Head* bergerak maju/mundur bersamaan

Karakteristik *Magnetic Disc* (3)

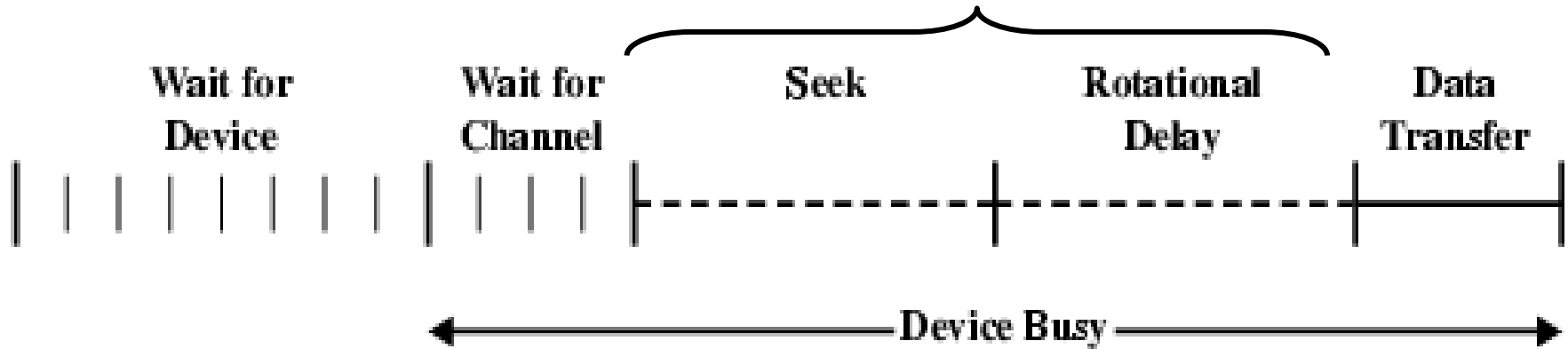
- *Multiple platter:*



(e) Mekanisme *head*:

- Kontak fisik:
 - *Head* kontak langsung dengan lapisan magnetik (misal *floppy disc*)
- Berjarak tetap:
 - Antara *head* dan lapisan magnetik terdapat jarak yang tetap (tidak menempel)
- Celah aerodinamis:
 - Bila disk diam – *head* menempel pada permukaan magnetik
 - Bila disk berputar → *head* terangkat sebagai akibat efek aerodinamis
 - Jarak antara *head* dan permukaan magnetik sangat dekat → diperoleh kerapatan data lebih tinggi

Part 2: Bagaimana cara menghitung lama waktu baca data di *harddisk*?



- Istilah/definisi:

- *Wait for device:*

- Waktu sejak ada *I/O request* s.d. *device* tersedia

- *Wait for channel:*

- Waktu tunggu yang diperlukan jika terdapat lebih dari satu *device* sejenis (satu kabel 2 *harddisk*)

- *Seek time:*
 - Waktu yang diperlukan oleh *head* untuk menuju track
= *initial startup* + waktu untuk menuju *track* + *settling time*
 - tidak linear dengan jumlah track
 - rata-rata < 10 ms
- *Rotational delay/latency:*
 - Waktu yang diperlukan untuk menuju sektor yang diinginkan
 - Kecepatan disk = 3600 – 15000 rpm
→ 1 rotasi = 16,67 – 4 ms
 - Rata-rata 2 ms (4 ms/2)
 - *Floppy* disk = 300 – 600 rpm → rata-rata = 100 – 50 ms
- *Access time:*
 - *Seek time* + *rotational delay*
 - Waktu untuk menuju posisi disk yang akan dibaca/ditulis

– *Transfer time (T):*

- Waktu yang diperlukan untuk transfer data

$$T = b/rN = b \times \text{rotational delay} / N$$

b = jumlah byte yang ditransfer

r = kecepatan rotasi (putaran per detik)

N = Jumlah byte pada *track*

- Rata-rata akses disk (T_a):

$$T_a = T_s + r/2 + b/rN$$

T_s = rata-rata *seek time*

- **Contoh:**
 - Sebuah disk mempunyai spesifikasi sbb:
 - *Average seek time* = 4 ms
 - Kecepatan rotasi = 7500 rpm
 - Jumlah byte per sektor = 512 byte
 - Jumlah sektor per *track* = 500 sektor
 - Berapa total *transfer time* untuk membaca data sebanyak 2500 sektor (1,22 Mbyte)?

- Kasus 1: *sequential access* (data terletak pada 5 *track* berurutan)
 - *Average seek* (T_s) = 4 ms
 - Kecepatan rotasi = 7500 rpm = 7500 rotasi per menit
 - 1 menit = 60 detik = 60000 ms
 - *Rotational delay* = 60/7500 detik = 60000/7500 ms = 8 ms
 - *Rotational delay* rata-rata = 8/2 ms = 4 ms
 - Waktu baca data 500 sektor (1 *track*) = b/rN
 - = 500 sektor x 512 byte / ((7500 putaran / 60 detik) x 500 sektor x 512 byte)
 - = 1 / (7500 putaran / 60 detik) = 60 detik / 7500 putaran
 - = 60000/7500 ms = 8 ms → waktu baca data 1 track penuh setara dengan rotational delay
 - Waktu untuk membaca *track* I = 4 ms + 4 ms + 8 ms = 16 ms
 - Waktu untuk membaca setiap *track* berikutnya
 - = 4 ms + 8 ms = 12 ms (tanpa *seek time*)
 - Total waktu yang diperlukan = 16 + 4 x 12 = 64 ms = 0,064 detik

- Kasus 2: *random access* (setiap sektor tersebar secara acak di seluruh disk)
 - *Average seek* = 4 ms
 - *Rotational delay* rata-rata = 4 ms
 - Waktu baca 1 sektor = $(1/500) \times \textit{rotational delay}$
= $(1/500) \times 8 \text{ ms} = 0,016 \text{ ms}$
 - Total waktu untuk membaca 1 sektor =
= *average seek* + *rotational delay* rata-rata + waktu
baca 1 sektor
= 4 ms + 4 ms + 0,016 ms = 8,016 ms
 - Total waktu untuk membaca 2500 sektor
= 2500 x 8,016 ms = 20040 ms = 20,04 detik !!!
 - *Letak data yang akan dibaca menentukan transfer time*

Parameter Performansi Disk (6)

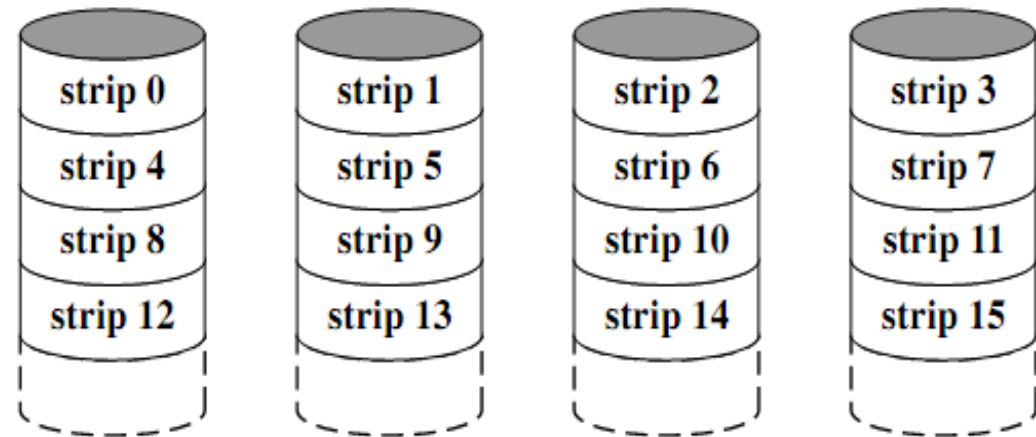
Characteristics	Seagate Barracuda 180	Seagate Cheetah X15-36LP	Seagate Barracuda 36ES	Toshiba HDD1242	IBM Microdrive
Application	High-capacity server	High-performance server	Entry-level desktop	Portable	Handheld devices
Capacity	181.6 GB	36.7 GB	18.4 GB	5 GB	1 GB
Minimum track-to-track seek time	0.8 ms	0.3 ms	1.0 ms	—	1.0 ms
Average seek time	7.4 ms	3.6 ms	9.5 ms	15 ms	12 ms
Spindle speed	7200 rpm	15K rpm	7200	4200 rpm	3600 rpm
Average rotational delay	4.17 ms	2 ms	4.17 ms	7.14 ms	8.33 ms
Maximum transfer rate	160 MB/s	522 to 709 MB/s	25 MB/s	66 MB/s	13.3 MB/s
Bytes per sector	512	512	512	512	512
Sectors per track	793	485	600	63	—
Cylinders (number of platter surfaces)	24	8	2	2	2
Tracks per cylinder (number of tracks on one side of platter)	24,247	18,479	29,851	10,350	—

1. *PMR (Perpendicular Magnetic Recording)*
 - Teknik perekaman baru yang dapat meningkatkan kapasitas harddisk
2. *AF (Advanced Format)*
 - 512 Byte/Sector diperbesar menjadi 4096 Byte/Sector
3. *HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording)*
 - Meningkatkan kapasitas HDD dengan memanaskan HDD pada saat perekaman
4. *SMR (Shingled Magnetic Recording)*
 - Meningkatkan kapasitas HDD dengan menulis data baru di atas sebagian dari data lama (seperti susunan genteng/shingle)
5. *Multi Actuator technology*
 - Meningkatkan kecepatan HDD dengan cara pembacaan konkuren oleh beberapa *actuator* sekaligus

Part 3: Apa perbedaan antara satu jenis RAID dengan jenis RAID lainnya?

- Redundant Array of Independent Disks
- Redundant Array of Inexpensive Disks
- 7 cara konfigurasi (level 0 – level 6)
- Beberapa disk fisik yang dipandang sebagai satu *drive* logic oleh OS
- Data didistribusikan sepanjang drive fisik
- Dapat memanfaatkan kapasitas redundant untuk menyimpan mekanisme pengecekan *error*

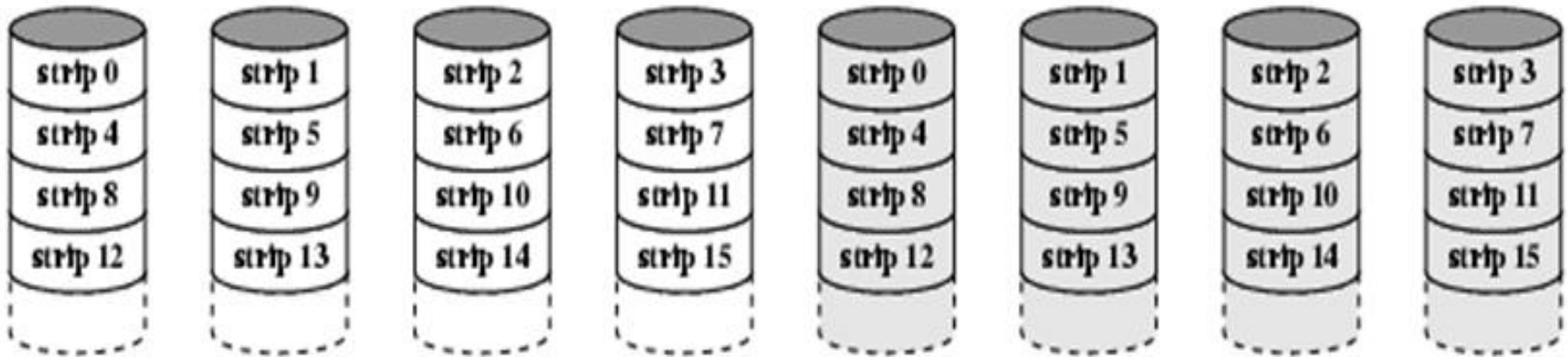
RAID 0



(a) RAID 0 (Nonredundant)

- Tidak ada *redundancy*
- RAID 0 menggunakan proses *striping*
 - Data disimpan ke dalam beberapa disk secara parallel untuk mempercepat proses baca/tulis
- *Striping* bersifat Round Robin
- *Increase speed*:
 - Data yang diminta bisa terletak pada harddisk yang berbeda
 - Pencarian data bisa dilakukan secara paralel
 - Sekelompok data dapat diletakkan di *harddisk* yang berbeda

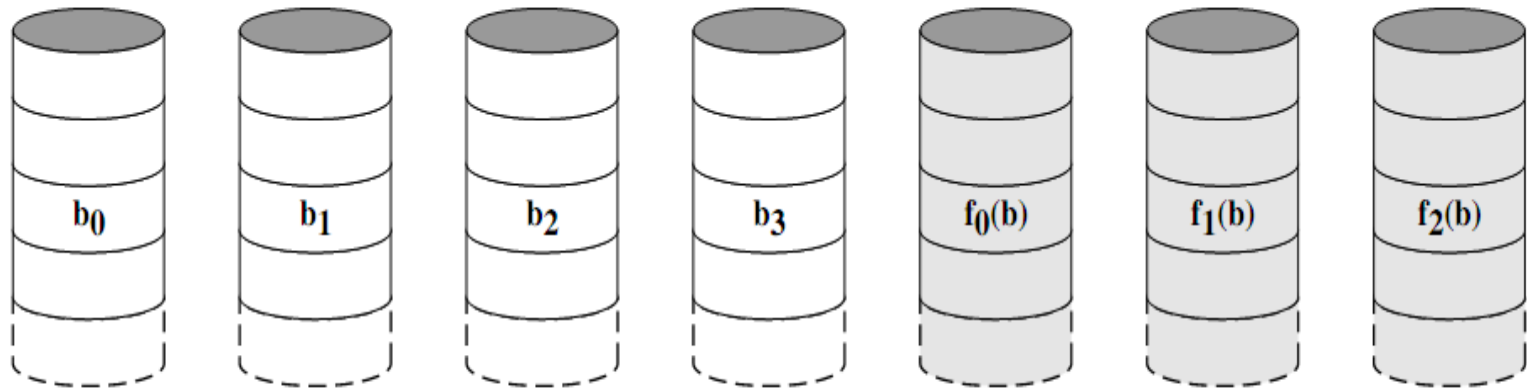
RAID 1



(b) RAID 1 (mirrored)

- Mirrored **Disks**
 - Penyimpanan pada suatu disk akan diduplikat di disk lain
- Data juga mengalami *striping*
- Setiap data mempunyai 2 copy
 - Read dapat dilakukan pada salah satu *copy*
 - Write dilakukan di kedua *copy*
- *Recovery* sederhana
 - *faulty disk* ditukar & re-mirror
 - Tidak ada *down time*
- (-) mahal

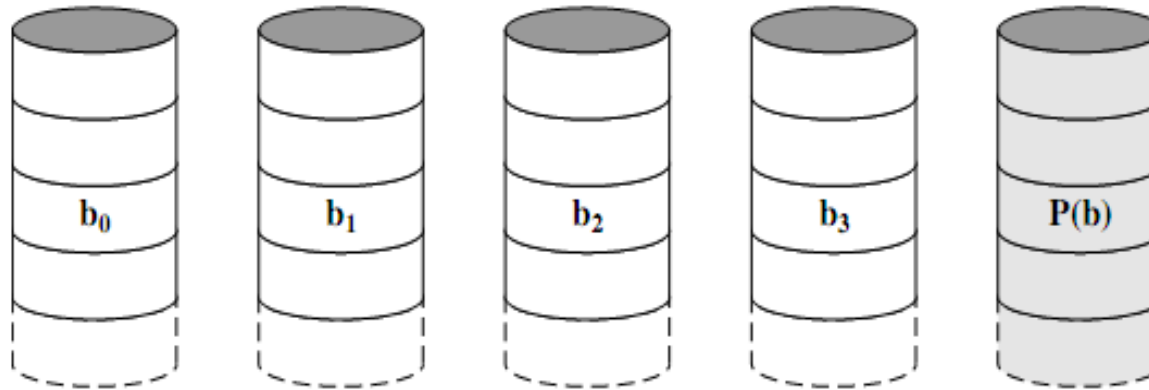
RAID 2



(c) RAID 2 (Redundancy through Hamming code)

- *Harddisk* disinkronkan
- RAID 2 menggunakan striping level byte
- Koreksi error dihitung berdasarkan bit-bit di dalam *harddisk* yang berbeda-beda
- Koreksi error menggunakan Hamming code
 - Bit hamming code tersimpan dalam beberapa disk
- *Redundancy* banyak
 - Mahal
 - Tidak digunakan

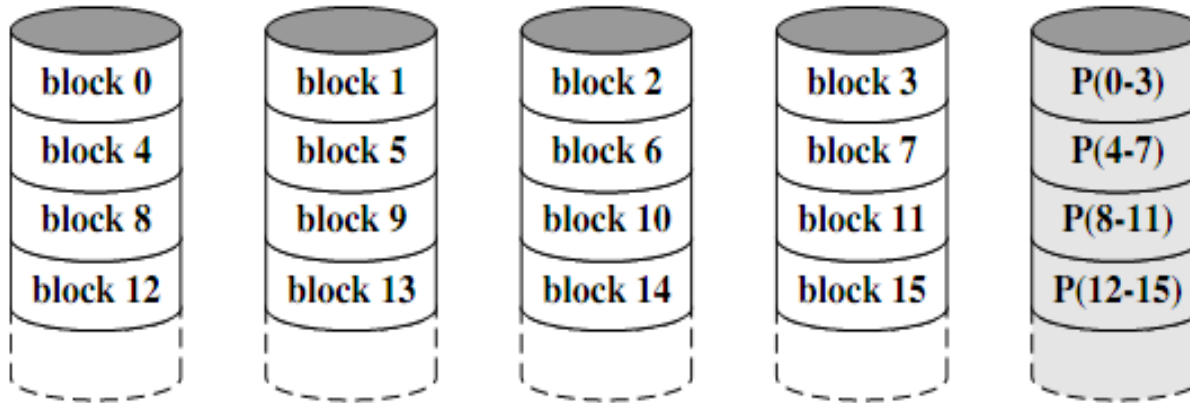
RAID 3



(d) RAID 3 (Bit-interleaved parity)

- Mirip RAID 2
- Hanya satu *redundant disk*, berapa pun besarnya *array*
- Pengecekan *error* menggunakan parity bit
- Data pada drive yang gagal bisa direkonstruksi dari data yang selamat dan info *parity*
- Transfer rate sangat tinggi (karena *striping*)

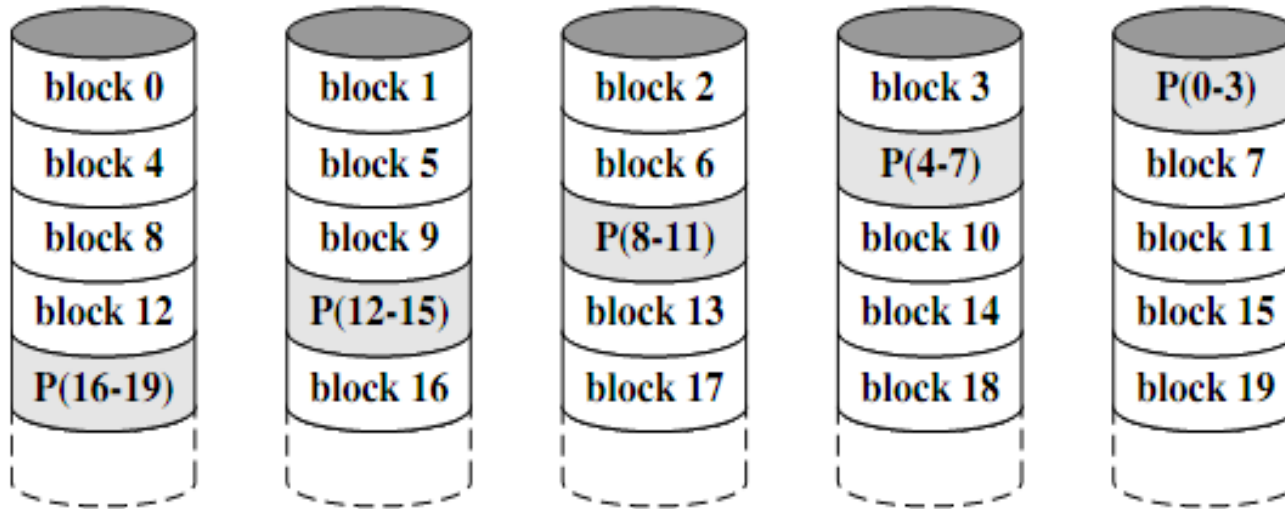
RAID 4



(e) RAID 4 (Block-level parity)

- Setiap disk beroperasi independent
 - Tidak paralel
 - Bagus untuk I/O request rate tinggi
 - Stripe berukuran besar (*block*)
 - Bit-bit parity dikalkulasikan sepanjang *stripe* pada setiap disk
 - Parity disimpan dalam *parity* disk
- (-) jika parity disk gagal, tidak ada mekanisme pengecekan *error*

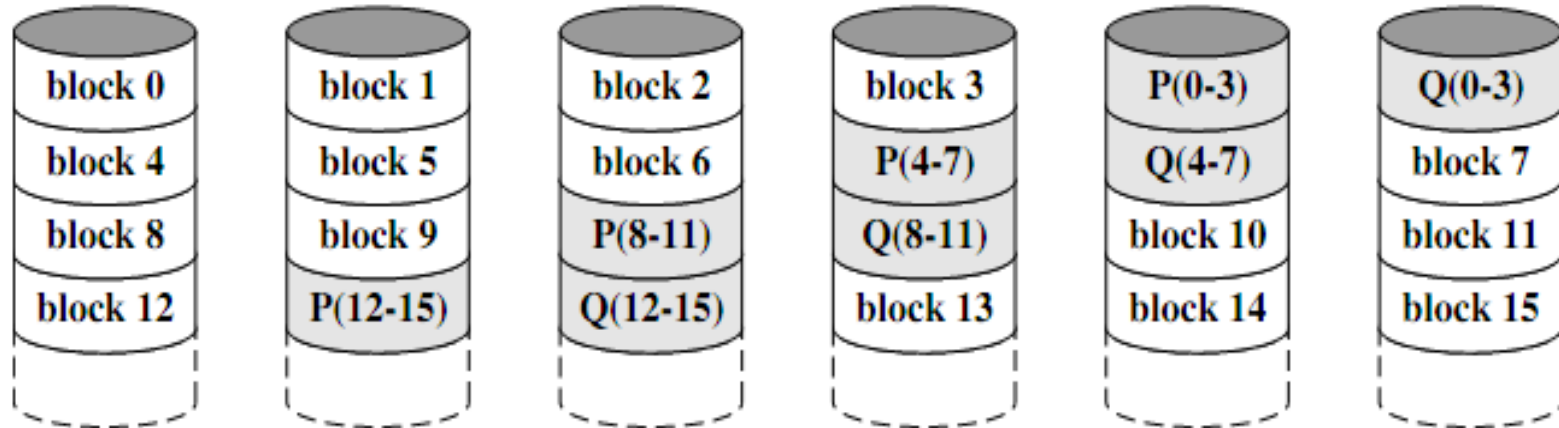
RAID 5



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

- Seperti RAID 4
- Perbedaan: *Parity di-striped* di semua disk
- Alokasi Round Robin untuk semua *parity stripe*
- Mengatasi *bottleneck parity* disk pada RAID 4
- Digunakan secara umum dalam *network server*

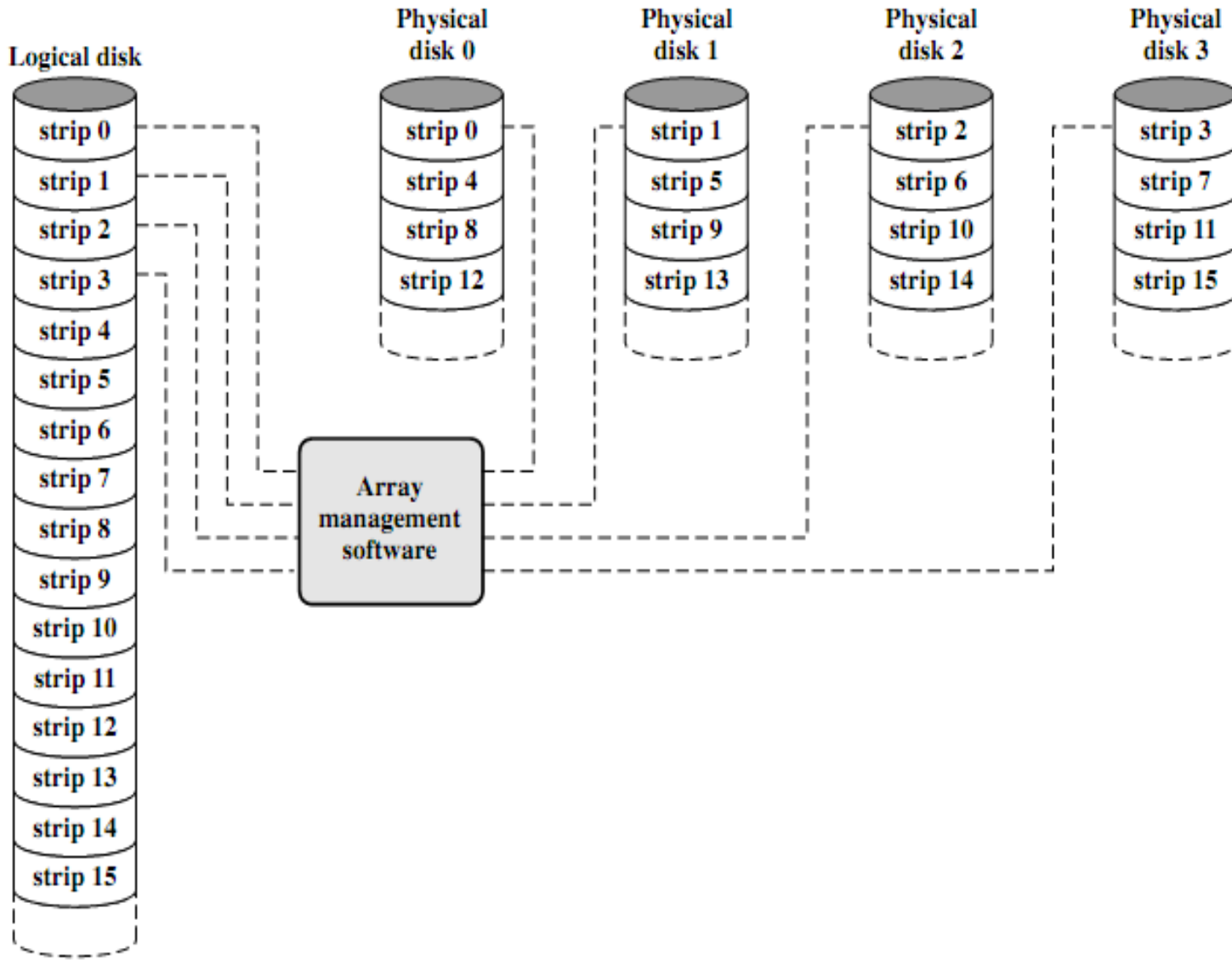
RAID 6



(g) RAID 6 (Dual redundancy)

- Menggunakan dua paritas
- Disimpan pada block berbeda pada setiap disk
- User requirement untuk N data memerlukan N+2 kapasitas
- Data *availability* tinggi
 - Tiga disk gagal untuk *data loss*
 - *Write penalty* signifikan

Data Mapping for a RAID Level 0 Array



RAID Levels

Category	Level	Description	Disks Required	Data Availability	Large I/O Data Transfer Capacity	Small I/O Request Rate
Striping	0	Nonredundant	N	Lower than single disk	Very high	Very high for both read and write
Mirroring	1	Mirrored	$2N$	Higher than RAID 2, 3, 4, or 5; lower than RAID 6	Higher than single disk for read; similar to single disk for write	Up to twice that of a single disk for read; similar to single disk for write
Parallel access	2	Redundant via Hamming code	$N + m$	Much higher than single disk; comparable to RAID 3, 4, or 5	Highest of all listed alternatives	Approximately twice that of a single disk
	3	Bit-interleaved parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 4, or 5	Highest of all listed alternatives	Approximately twice that of a single disk
Independent access	4	Block-interleaved parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 5	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write
	5	Block-interleaved distributed parity	$N + 1$	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3, or 4	Similar to RAID 0 for read; lower than single disk for write	Similar to RAID 0 for read; generally lower than single disk for write
	6	Block-interleaved dual distributed parity	$N + 2$	Highest of all listed alternatives	Similar to RAID 0 for read; lower than RAID 5 for write	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than RAID 5 for write

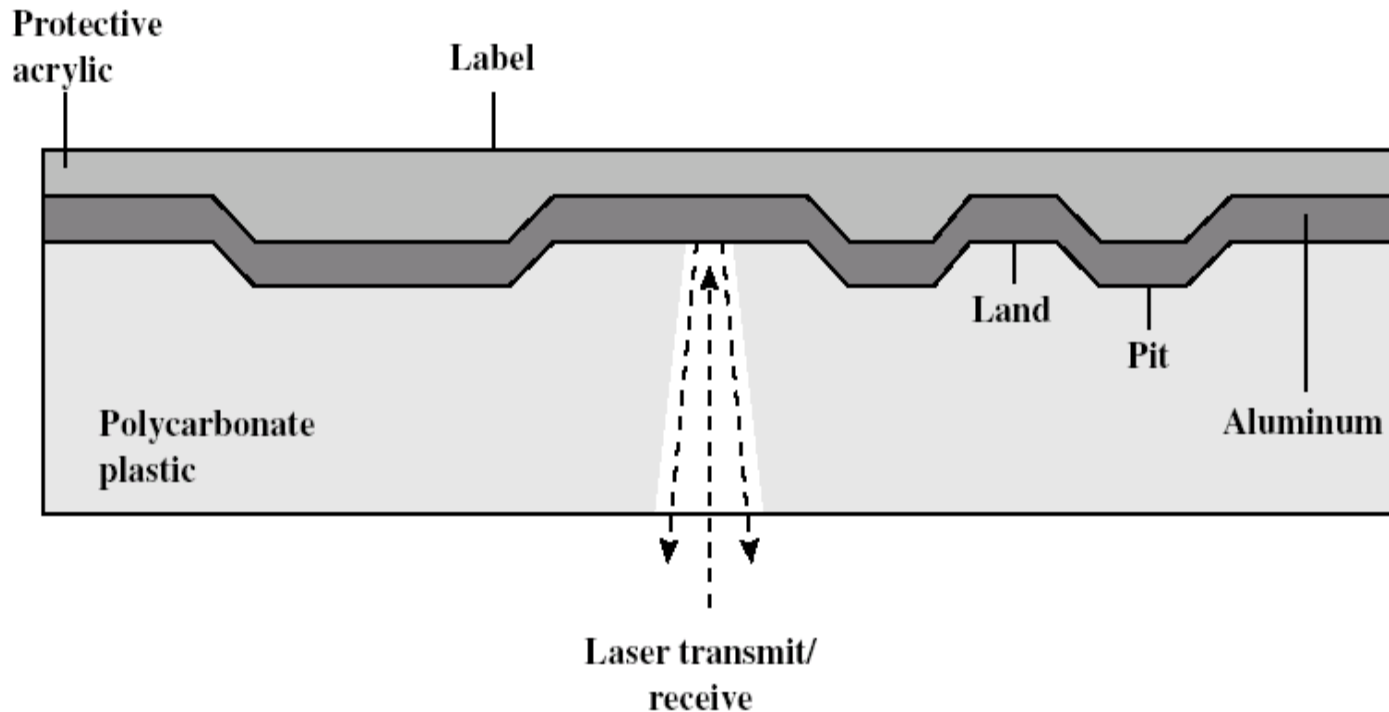
N = number of data disks; m proportional to $\log N$

Part 4: Bagaimana cara baca/tulis data di media optik?

OPTICAL MEMORY

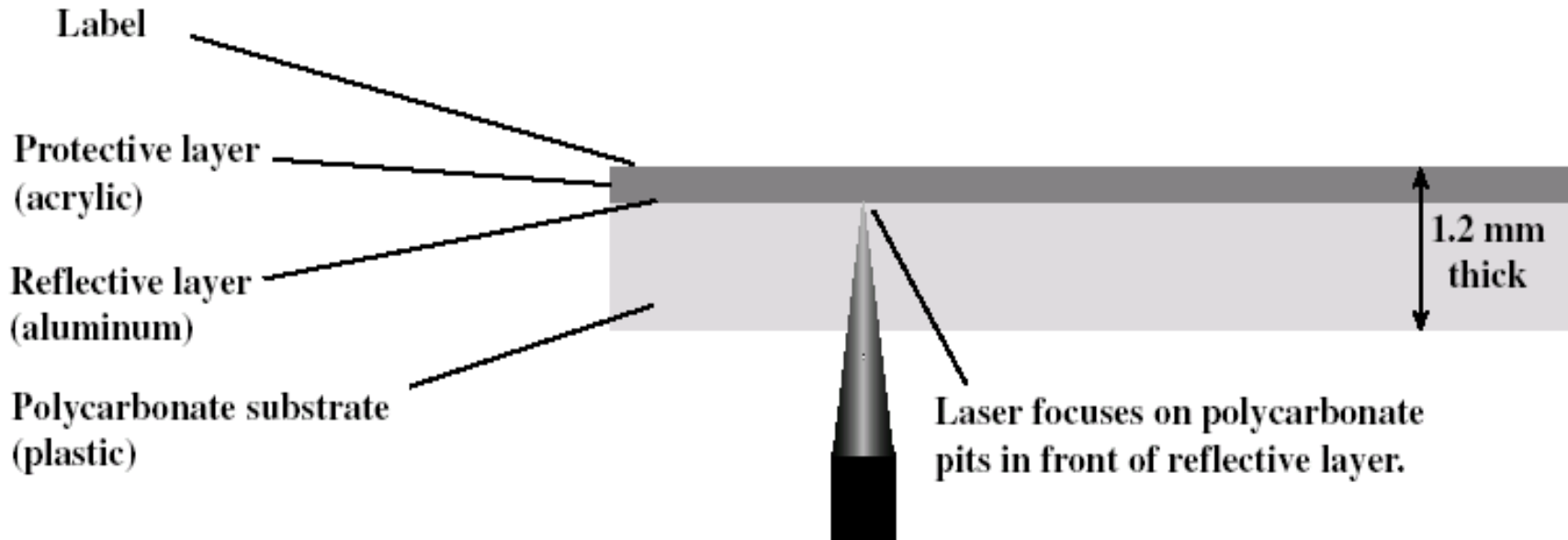
- **CD (*Compact Disk*):**
 - *Non erasable disk*
 - Untuk menyimpan data audio digital dengan durasi selama lebih dari 60 menit
 - Diameter 12 cm
- **CD ROM (*CD Read Only Memory*)**
 - *Non erasable disk*
 - Untuk menyimpan data komputer
 - Kapasitas sekitar 680 Mbyte
 - Diameter 12 cm

CD ROM (1)



- Data disimpan dalam bentuk pits
- Cara baca dengan memantulkan sinar laser
- Kerapatan data konstan
- Kecepatan linear konstan

CD ROM (2)



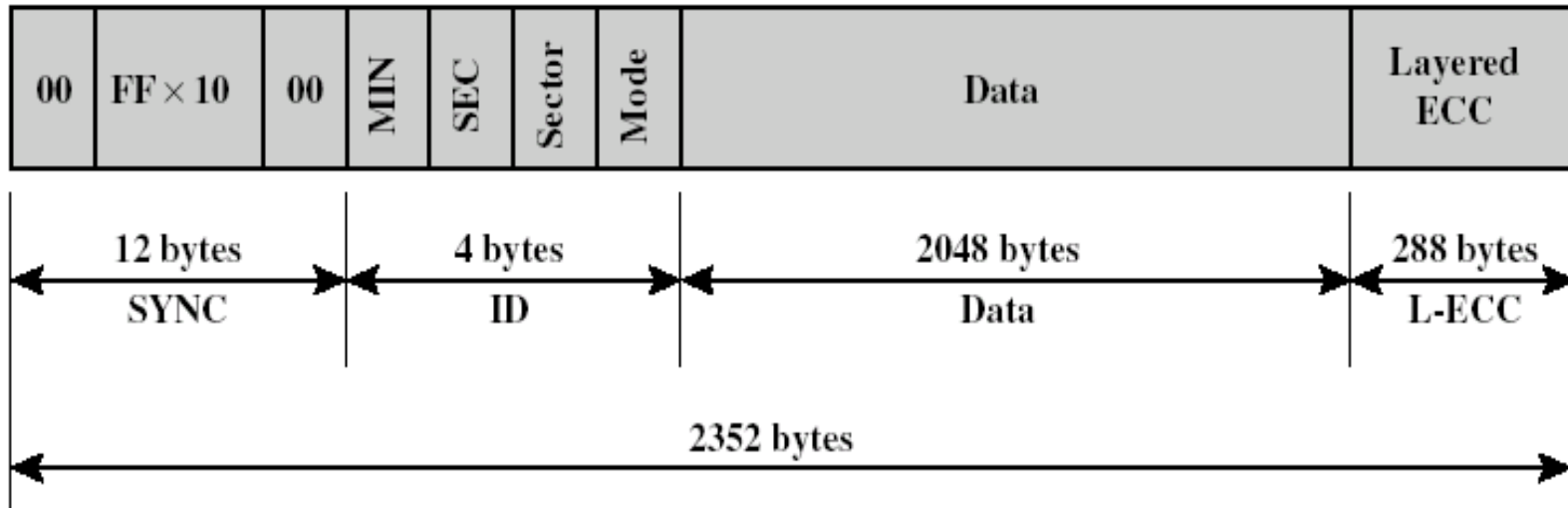
(a) CD-ROM - Capacity 682 MB

CD ROM (3)

- Kelebihan CD ROM dibanding CD:
 - Lebih *rugged*
 - Mempunyai *error-correction*
- Permukaan CD ROM terdiri dari satu *track* berbentuk spiral
- Awal track berada di dekat pusat
- *Track* terbagi menjadi sektor yang ukurannya sama
- Data rate tetap → putaran disk di dekat pusat lebih cepat
- **CD audio:**
 - Kecepatan linear konstan
 - Single speed = 1.2 m/s
 - Panjang track (spiral) = **5.27 km !!!**
 - Lama waktu = 4391 seconds = 73.2 menit
- Kecepatan yang lain merupakan kelipatannya (misal 8x, 24x, 52x, dll), referensi diambil dari kecepatan *floppy disc* = 150 kBps

CD ROM (4)

– Format blok CD ROM:



– Blok terbagi menjadi:

- 12 byte sinkronisasi
- 4 byte *header*
- 2048 byte data
- 288 byte auxiliary:
 - mode 0: *field data blank*
 - mode 1: *field Error Correcting Code (ECC)*
 - mode 2: no ECC → field data = 2336 byte

- Prosedur random akses (alamat tertentu):
 - Gerakkan *head* ke general area
 - Sesuaikan putaran disk
 - Baca alamat
 - Atur posisi head
 - Baca data yang diinginkan
- Kelebihan/kekurangan CD ROM dibanding *harddisk*:
 - (+) duplikasi data massal lebih murah
 - (+) *removable* → dapat sebagai arsip
 - (+) lebih tahan terhadap gangguan
 - (-) *read only*
 - (-) *akses time* lebih lama (MENGAPA???)

- *CD-Recordable* (CD-R)
 - Hanya dapat ditulisi **satu kali saja**
 - Digunakan untuk membuat *copy* data dalam jumlah kecil
 - Kompatibel dengan *drive* CD ROM
- CD-RW
 - Dapat ditulisi **berkali-kali**
 - Kebanyakan kompatibel dengan *drive* CD ROM
 - Sebagai penyimpanan data sekunder
 - Mempunyai kehandalan tinggi
 - Tahan lama

Part 5: Mengapa DVD dapat menampung data lebih besar?

DVD (1)

- DVD = *Digital Video Disk*
 - Hanya menyimpan data video saja
- DVD = *Digital Versatile Disk*
 - Dapat menyimpan data komputer dan data video
- **Macam-macam DVD:**
 - (a) **DVD-ROM**
 - DVD-5: satu sisi dan satu lapis, kapasitas total = 4,37 GB
 - DVD-9: satu sisi dan dua lapis dimana kapasitas setiap lapisan adalah 4,37 GB dan 7,95 GB, sehingga kapasitas total menjadi 12,32 GB
 - DVD-10: dua sisi masing-masing satu lapis, kapasitas total sebesar 8,74 GB
 - DVD-18: dua sisi masing-masing dua lapis, kapasitas totalnya sebesar 15,9 GB

DVD (2)

(b) DVD-R (*Readable*)

- DVD-R *Authority (A)*: untuk membuat master DVD pada proses penduplikasian DVD pada mesin khusus dan menggunakan *region code* (kode wilayah)
 - Satu sisi = 4,7 GB
 - Dua sisi = 9,4 GB
- DVD-R *General (G)*: untuk membuat master pada proses duplikasi yang lebih sederhana dan tidak menggunakan *region code*
- Dapat ditulisi satu kali saja

(c) DVD-RW (*Readable-Writeable*)

- Dapat ditulisi sampai 1000 kali
- Kapasitas sama dengan DVD-R

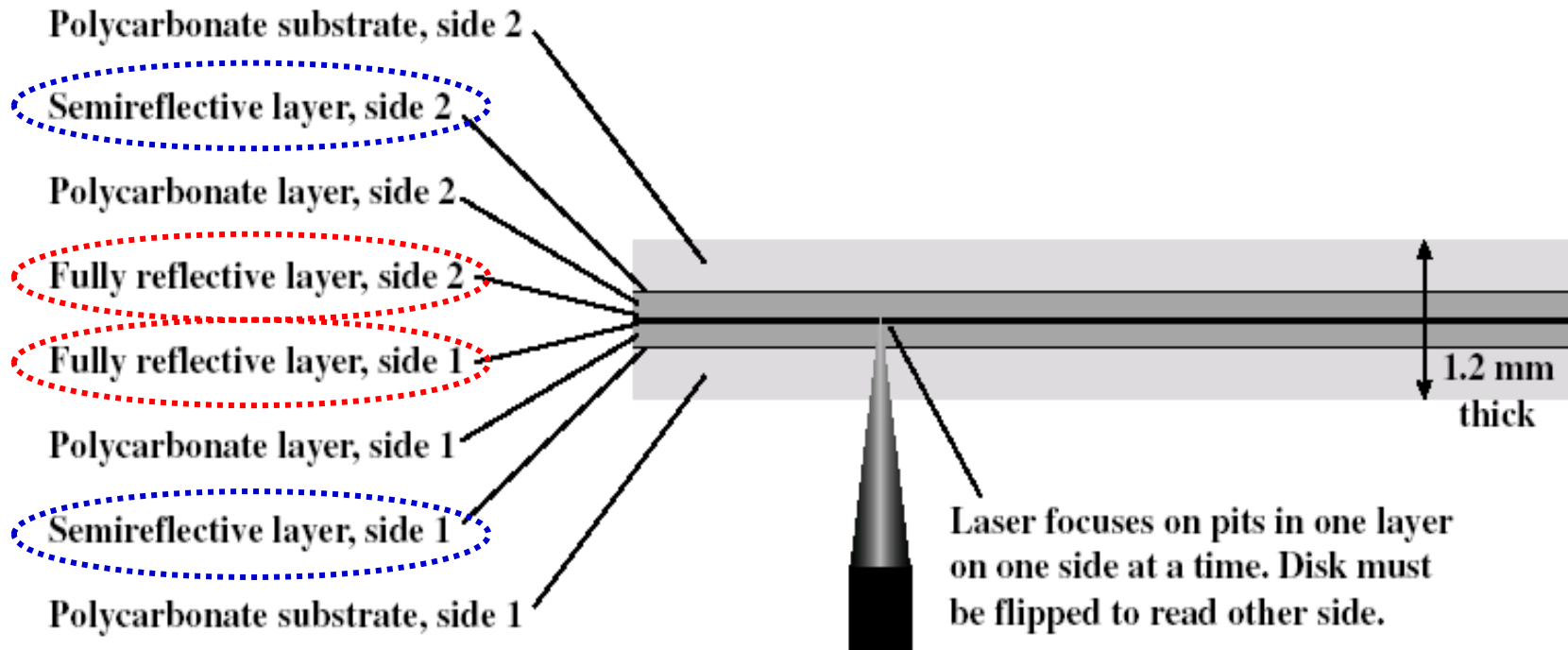
DVD (3)

- Mengapa kapasitas dapat besar?
 - Jarak antar bit dan jarak antar lingkaran lebih kecil
→ dapat menyimpan data hingga 4,7 GB

	<u>CD</u>	<u>DVD</u>
Jarak antar bit	0,834 μm	0,4 μm
Jarak antar spiral	1,6 μm	0,74 μm

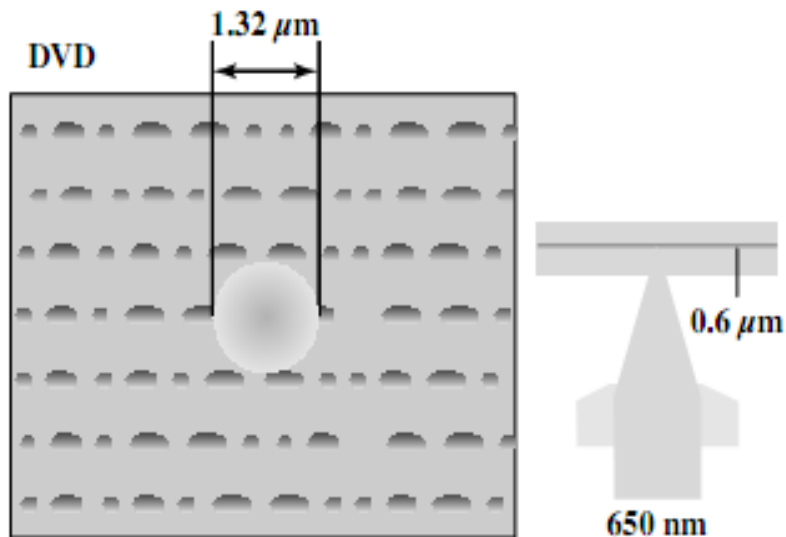
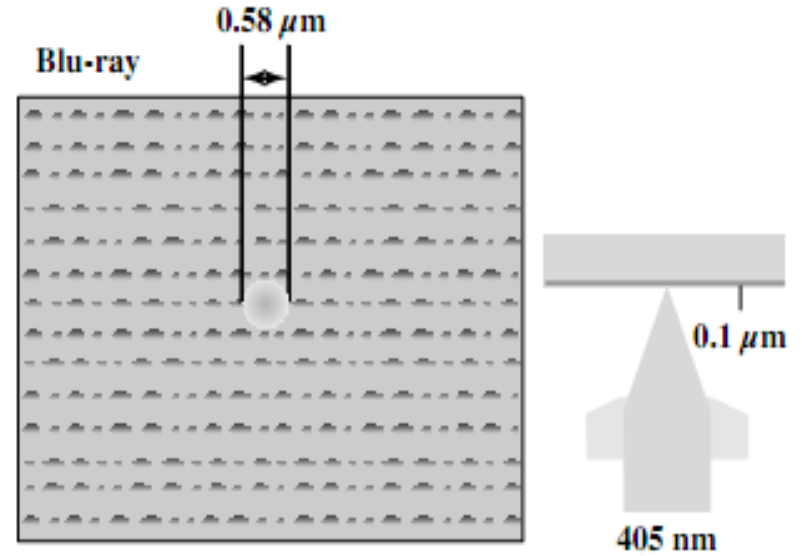
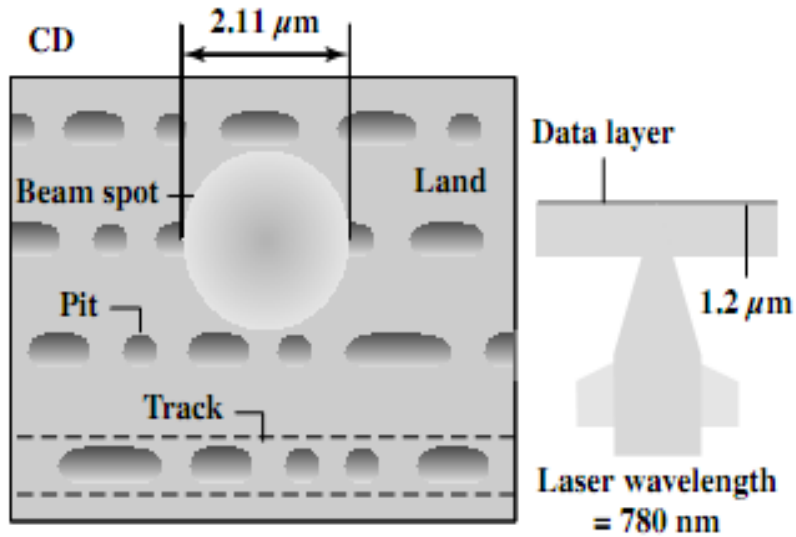
- Dalam satu sisi digunakan 2 layer untuk menyimpan data → kapasitas menjadi 8,56 GB
- Jika kedua sisi disk digunakan untuk menyimpan data → kapasitas total menjadi
17 GB !!!

DVD (4)



(b) DVD-ROM, double-sided, dual-layer - Capacity 17 GB

Karakteristik memori optik



- [STA19] Stalling, William. 2019. “*Computer Organization and Architecture: Designing for Performance*”. 11th edition. Prentice Hall.
- <https://www.mrfdn.com/2019/06/jenis-ssd-terbaru.html>
- <https://computer.indo-solution.com/macam-macam-jenis-harddisk-pada-komputer-dan-laptop/>