

# Arsitektur dan Organisasi Komputer

## COM 60011

### Topik #6 – Memori Eksternal



# Pendahuluan

- **Tujuan**

- Memahami sifat utama disk magnetik
- Memahami masalah kinerja di disk magnetik
- Menjelaskan konsep RAID dan variasi levelnya
- Membandingkan Hard Disk Drives (HDD) dan Solid State Drives (SSD)
- Menjelaskan secara umum operasi flash memory
- Memahami perbedaan antara berbagai media penyimpanan disk optik
- Menjelaskan gambaran umum teknologi penyimpanan pita magnetik

- **Materi**

- Disk magnetik
- RAID
- SSD
- Memori optik
- Pita magnetik





# Disk Magnetik

- **Disk adalah piringan bundar yang terbuat dari bahan nonmagnetik, yang disebut substrat, dilapisi dengan bahan yang dapat dimagnetisasi**
  - Secara tradisional → bahan aluminium
  - Saat ini → bahan kaca
- **Manfaat bahan kaca:**
  - meningkatkan keandalan disk
  - mengurangi kesalahan read-write
  - mendukung ketinggian terbang yang lebih rendah
  - mengurangi dinamika disk
  - menahan guncangan dan kerusakan





# Mekanisme Read-Write

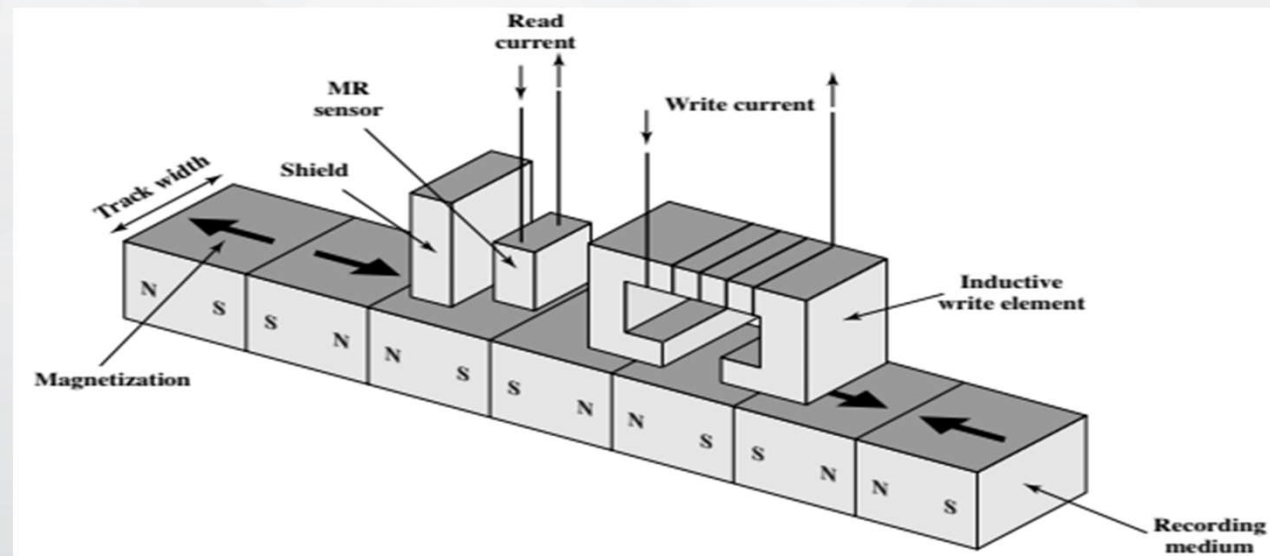
- **Data dikirimkan dan diambil dari disk melalui kumparan konduksi yang disebut head**
  - Di beberapa sistem ada 2 head, read-head dan write-head
  - Selama proses read/write, head tidak bergerak, piringan yang berputar di bawah head
- **Mekanisme write**
  - Arus melalui kumparan menghasilkan medan magnet
  - Pulsa elektrik dikirim ke head
  - Pola magnetik terekam di permukaan bawah (positif dan negatif)
- **Mekanisme read (tradisional)**
  - Medan magnet yang bergerak relatif terhadap kumparan menghasilkan arus.
  - Struktur head sama untuk membaca dan menulis



# Mekanisme Read-Write

- **Mekanisme read (modern)**

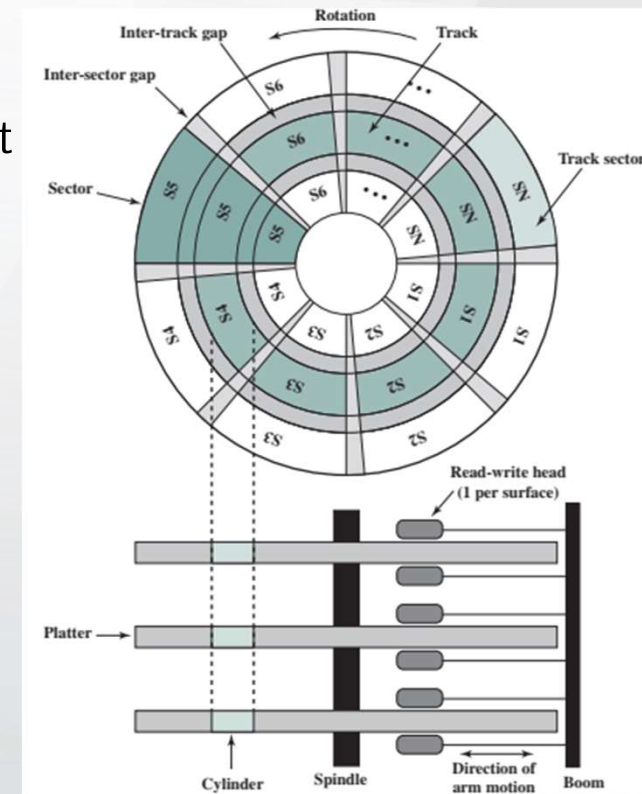
- Read-head terpisah, dekat dengan write-head
- Terdapat sensor Magnetoresistive (MR) berpelindung sebagian
- MR → memiliki hambatan listrik tergantung pada arah medan magnet
- Didesain untuk operasi frekuensi tinggi (kepadatan dan kecepatan penyimpanan lebih tinggi)





# Format dan Organisasi Data

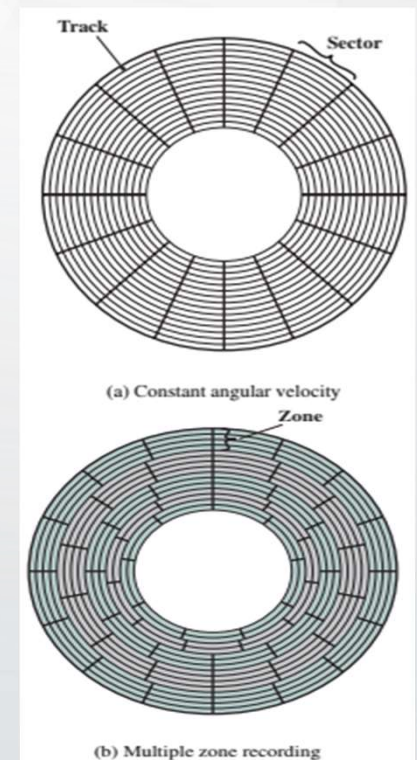
- **Organisasi data pada piringan berbentuk lingkaran konsentris → track**
  - Track yang berdekatan dipisahkan oleh intertrack-gaps
  - Intertrack-gaps untuk meminimalkan kesalahan karena ketidaksejajaran head atau interferensi medan magnet
- **Data ditransfer ke dan dari disk di sector**
  - Satu track terdapat beberapa sector (biasanya ratusan)
  - Ukuran blok minimum adalah 1 sector
  - Ukuran panjang tetap atau berubah-ubah
  - Sistem modern menggunakan panjang tetap (512 byte)
- **Spindle → poros untuk menahan platter/piringan**
- **Cylinder → kumpulan semua track dalam posisi relatif yang sama di platter/piringan**
- **Arm → bergerak mengatur perputaran spindle**





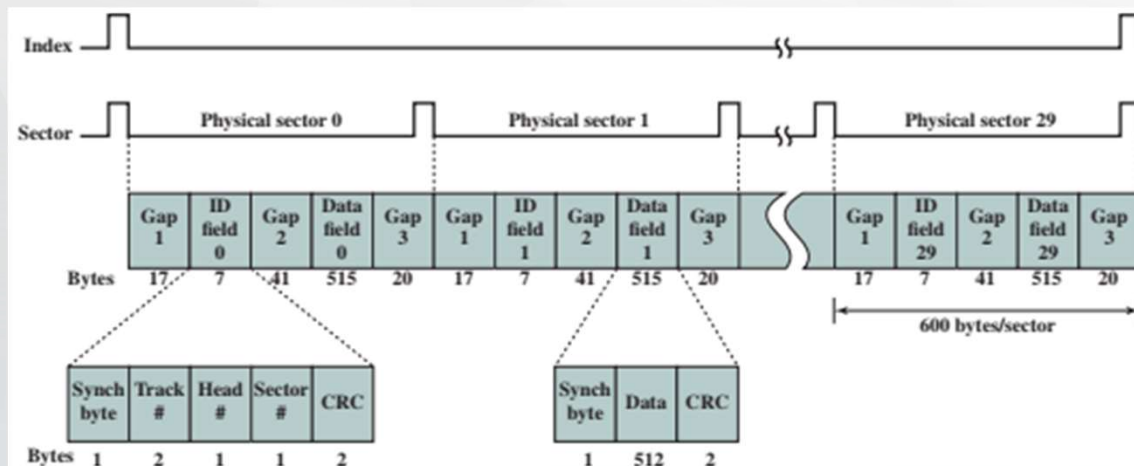
# Layout Disk

- Ada 2 model → Constant Angular Velocity (CAV) dan Multiple Zone Recording (MZR)
- CAV:
  - Jumlah sektor sama di setiap track
  - Bagian luar lebih panjang daripada bagian dalam
  - Keuntungan: lebih mudah menemukan sector
  - Kekurangan: jumlah data yang disimpan pada track terluar sama dengan track terdalam karena kepadatan rendah
- MZR:
  - Jumlah sektor berdasarkan keliling track
  - Permukaan dibagi menjadi sejumlah zona konsentris
  - Setiap zona berisi sejumlah track yang berdekatan dan jumlah bit yang tetap
  - Keuntungan: kapasitas penyimpanan lebih besar
  - Kekurangan: lebih kompleks



# Menemukan Sector - Ex. Winchester

- **Harus dapat mengidentifikasi awal dan akhir tiap sector**
  - Syarat: ditangani dengan data kontrol yang direkam pada disk
  - Format disk: header data tambahan tidak bisa diakses oleh pengguna
- **Contoh: format disk Winchester (Seagate ST506)**







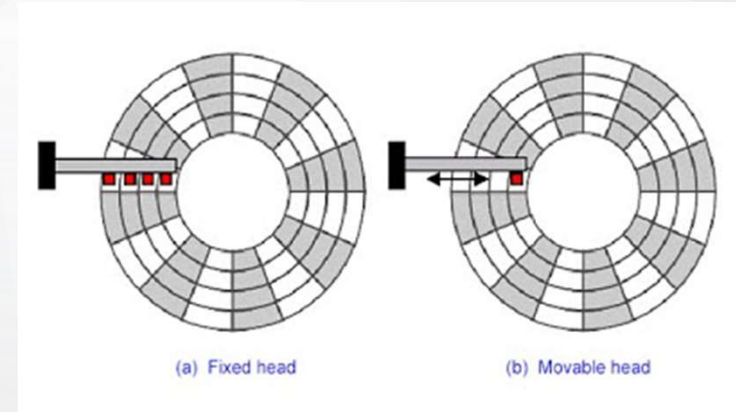
# Karakter Fisik Disk Magnetik

Karakter	Jenis
Gerakan Head	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fixed head (satu per track)</li><li>- Movable head (satu per surface)</li></ul>
Portabilitas Disk	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nonremovable disk</li><li>- Removable disk</li></ul>
Sides	<ul style="list-style-type: none"><li>- Single sided</li><li>- Double sided</li></ul>
Piringan/platters	<ul style="list-style-type: none"><li>- Single platter</li><li>- Multiple platter</li></ul>
Mekanisme Head	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contact (floppy)</li><li>- Fixed gap</li><li>- Aerodynamic gap (Winchester)</li></ul>



# Penjelasan Karakter Fisik

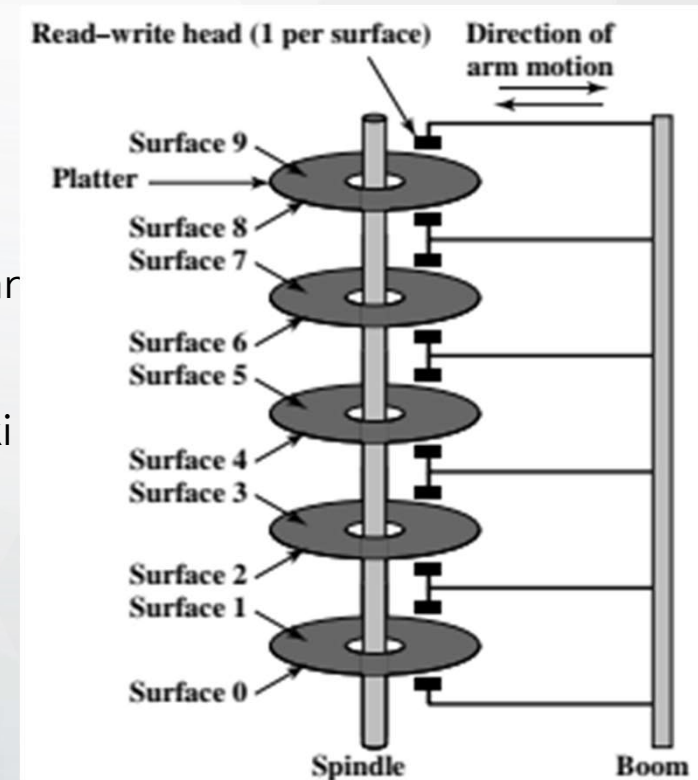
- **Fixed/movable head**
  - Fixed
    - masing-masing track punya satu head (r/w)
    - head dipasang pada arm yang tetap
  - Movable
    - hanya ada satu head (r/w) untuk satu surface
    - head dipasang pada arm yang bergerak
- **Nonremovable/removable disk**
  - Nonremovable
    - dipasang permanen di disk drive
    - harddisk di PC
  - Removable
    - dapat dilepas dan diganti dengan disk lain
    - kapasitas penyimpanan yang tak terbatas
    - floppy disk dan zip cartridge disk





# Penjelasan Karakter Fisik

- **Single/double sided**
  - Single → satu sisi platter dilapisi magnet
  - Double → dua sisi platter dilapisi magnet
- **Single/multiple platter**
  - Single
    - hanya satu buah platter untuk tempat penyimpanar
  - Multiple
    - satu head per side/surface
    - semua head diposisikan di atas track yang memiliki jarak yang sama dari pusat disk
    - cylinder (meningkatkan transfer rate dan mengurangi gerakan head)





# Penjelasan Karakter Fisik

- **Mekanisme head**
  1. **Contact**
    - Antara Piringan dengan Head TIDAK dipisahkan oleh suatu jarak tertentu, saling sentuh
  2. **Fix**
    - Antara Piringan dengan Head dipisahkan oleh suatu jarak tertentu
  3. **Aerodynamic**
    - Antara Piringan dengan Head dipisahkan oleh suatu jarak tertentu, tapi jarak tersebut berubah secara dinamis





# Parameter HDD Modern

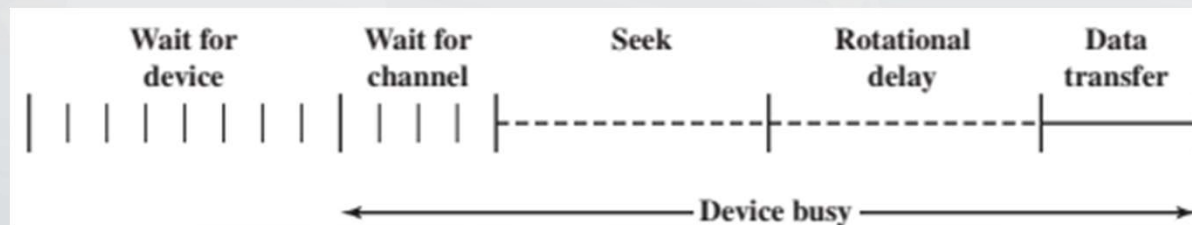
Characteristics	Seagate Enterprise	Seagate Barracuda XT	Seagate Cheetah NS	Seagate Laptop HDD
Application	Enterprise	Desktop	Network-attached storage, application servers	Laptop
Capacity	6 TB	3 TB	600 GB	2 TB
Average seek time	4.16 ms	N/A	3.9 ms read 4.2 ms write	13 ms
Spindle speed	7200 rpm	7200 rpm	10,075 rpm	5400 rpm
Average latency	4.16 ms	4.16 ms	2.98	5.6 ms
Maximum sustained transfer rate	216 MB/sec	149 MB/sec	97 MB/sec	300 MB/sec
Bytes per sector	512/4096	512	512	4096
Tracks per cylinder (number of platter surfaces)	8	10	8	4
Cache	128 MB	64 MB	16 MB	8 MB





# Parameter Kinerja Disk

- **Seek time**
  - Pada sistem movable-head, waktu yang dibutuhkan untuk memposisikan head di track
- **Rotational delay (rotational latency)**
  - Waktu yang dibutuhkan awal sector untuk mencapai head
- **Access time = seek time + rotational latency**
  - Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan posisi read atau write
- **Transfer time**
  - Setelah head berada pada posisinya, operasi read atau write kemudian dilakukan saat sector bergerak di bawah head
  - Bagian dari operasi transfer data

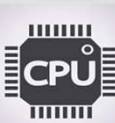




# Redundant Array of Independent Disk (RAID)



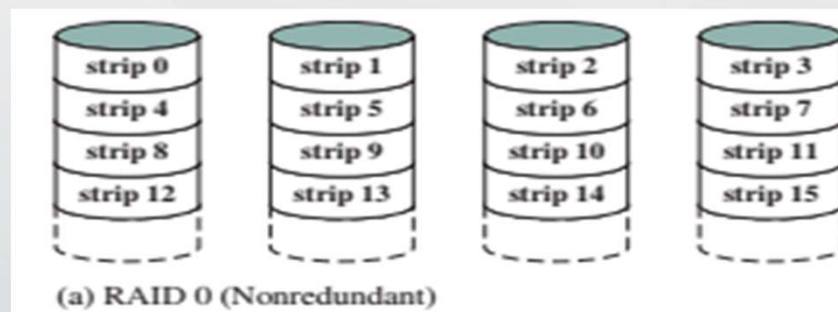
- Terdapat 7 level (0 - 6), tidak berhirarki
- Ada 3 karakter umum:
  - sekumpulan disk drive yang dilihat sebagai sistem operasi sebagai sebuah drive logika tunggal
  - data didistribusikan ke drive fisik dengan konsep array → skema stripping
  - kapasitas disk redundant yang digunakan untuk menyimpan informasi paritas yang menjamin pemulihan data ketika terjadi kegagalan disk





# RAID 0

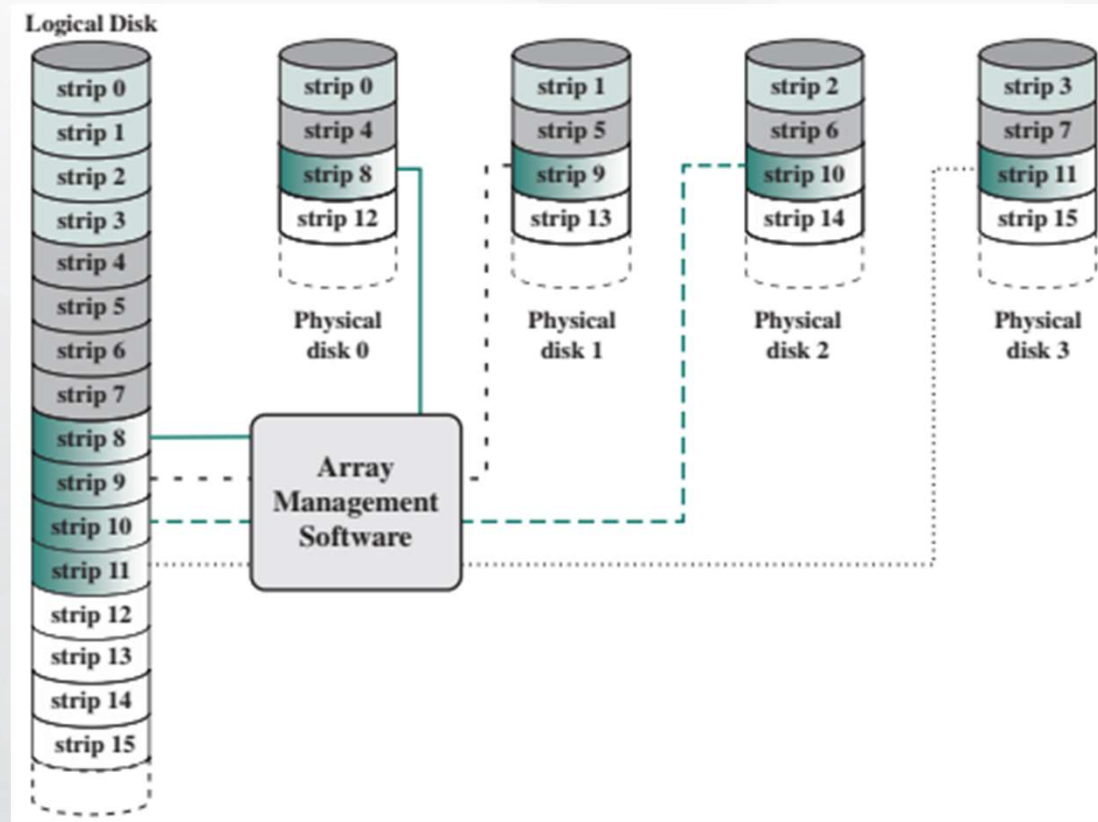
- Tidak ada redundancy
- Kategori stripping → pemecahan/pemisahan data ke beberapa harddisk
- Round robin stripping
- Akses data lebih cepat
  - mengurangi waktu transfer I/O
  - pencarian data secara parallel
  - permintaan data banyak tidak terjadi dalam satu disk
- Namun, jika ada salah satu harddisk fail, maka data hilang tanpa ada penggantinya
- Kebutuhan jumlah N disk → N





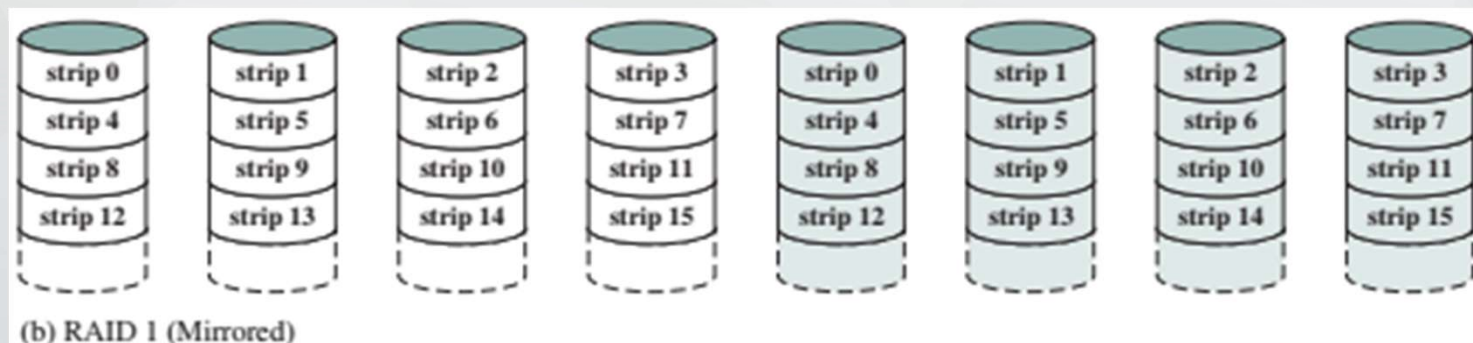


# Pemetaan Data RAID 0



# RAID 1

- Kategori mirroring → data dipecah kemudian disalin pada disk drive lainnya secara terpisah
- Sederhana dalam pemulihan kegagalan, ketika drive pertama gagal maka data dapat diakses dari drive kedua
- Read request dilayani oleh salah satu dari dua disk yang berisi data yang diminta, sedangkan write request pada kedua disk (asli dan duplikat)
- Meningkatkan I/O request
- Mahal → harga disk menjadi 2x lipat
- Kebutuhan jumlah N disk → 2N



## RAID 2

- Setiap operasi I/O melibatkan akses paralel untuk setiap disk
- Gerakan spindle disinkronkan dengan disk lain
- Stripe yang digunakan berukuran sangat kecil (1 byte/word)
- Multiple parity disk (multiple redundancy) menggunakan Hamming Code
- Pilihan yang efektif di lingkungan yang banyak terjadi kegagalan disk
- Kebutuhan jumlah N disk  $\rightarrow$  N+m



# RAID 3

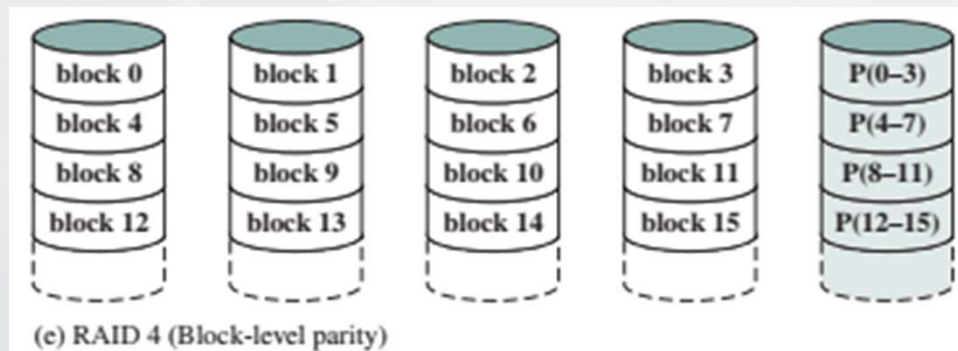
- Mirip RAID 2
- Hanya membutuhkan satu redundancy disk, berapapun besarnya array
- Akses paralel dengan data didistribusikan dalam bentuk strip kecil
- Jika terjadi kegagalan drive, drive paritas diakses dan data direkonstruksi
- Jika terjadi kegagalan disk, semua data masih tersedia sebagai reduce mode
- Kecepatan transfer data sangat tinggi
- Kebutuhan jumlah N disk  $\rightarrow$  N+1





# RAID 4

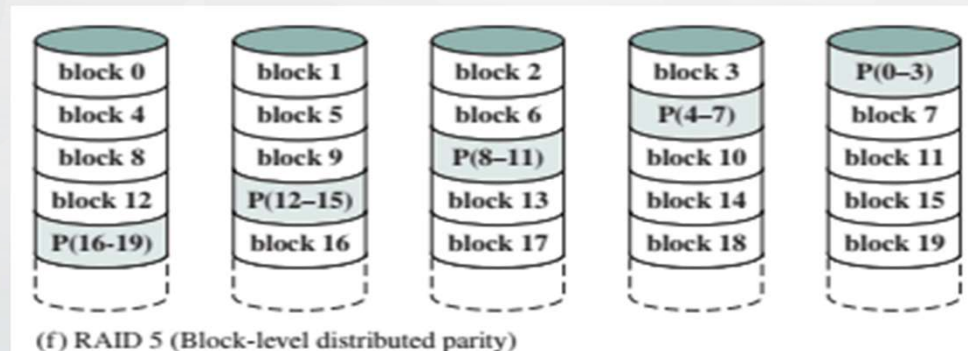
- Akses independent → setiap disk beroperasi sendiri, tidak disinkronisasi
- Bagus untuk I/O request rate yang tinggi, kurang cocok untuk aplikasi kecepatan transfer data yang tinggi
- Ukuran stripe relatif besar
- Bit paritas dihitung setiap disk dan disimpan di redundant disk
- Kebutuhan jumlah N disk → N+1





# RAID 5

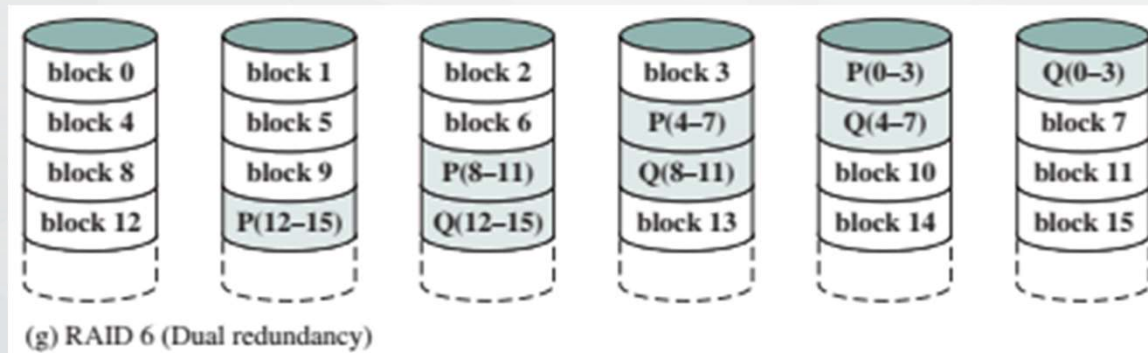
- Mirip RAID 4
- Bit paritas disebar di seluruh disk (menghindari bottleneck di RAID 4)
- Alokasi bit paritas dengan skema round-robin
- Kebutuhan jumlah N disk  $\rightarrow$  N+1





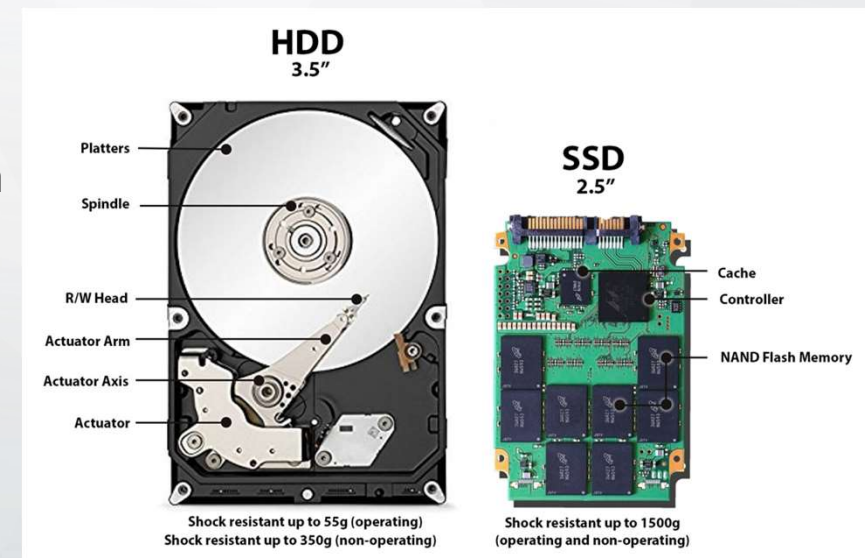
# RAID 6

- Memiliki 2 paritas berbeda, P() dan Q()
- Disebar merata ke seluruh disk
- Paritas 1 → XOR, paritas 2 → algoritma cek data independent
- Menyediakan ketersediaan data yang sangat tinggi
- Kebutuhan jumlah N disk → N+2



# Solid State Drive (SSD)

- SSD → perangkat memori semikonduktor yang menggunakan NAND flash memory
- Keuntungan SSD dibanding HDD:
  - high performance I/O operations per second (IOPS)
  - daya tahan tinggi
  - umur lebih lama
  - konsumsi daya rendah
  - pengoperasian lebih tenang dan lebih dingin
  - waktu akses dan latency yang lebih rendah







# Perbandingan SSD dan HDD

	<b>NAND Flash Drives</b>	<b>Seagate Laptop Internal HDD</b>
File copy/write speed	200–550 Mbps	50–120 Mbps
Power draw/battery life	Less power draw, averages 2–3 watts, resulting in 30+ minute battery boost	More power draw, averages 6–7 watts and therefore uses more battery
Storage capacity	Typically not larger than 512 GB for notebook size drives; 1 TB max for desktops	Typically around 500 GB and 2 TB max for notebook size drives; 4 TB max for desktops
Cost	Approx. \$0.50 per GB for a 1-TB drive	Approx. \$0.15 per GB for a 4-TB drive

- **Ada 2 masalah pada SSD yang tidak ditemui di HDD:**
  - Kinerja SSD memiliki kecenderungan melambat saat perangkat digunakan
  - Flash memory menjadi tidak dapat digunakan setelah sejumlah operasi write

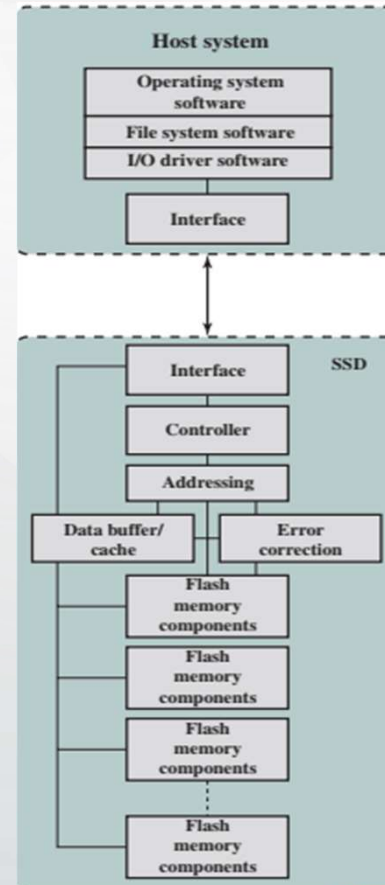




# Arsitektur SSD

- **Komponen SSD**

- Controller
- Addressing
- Data buffer/cache
- Error correction
- Flash memory





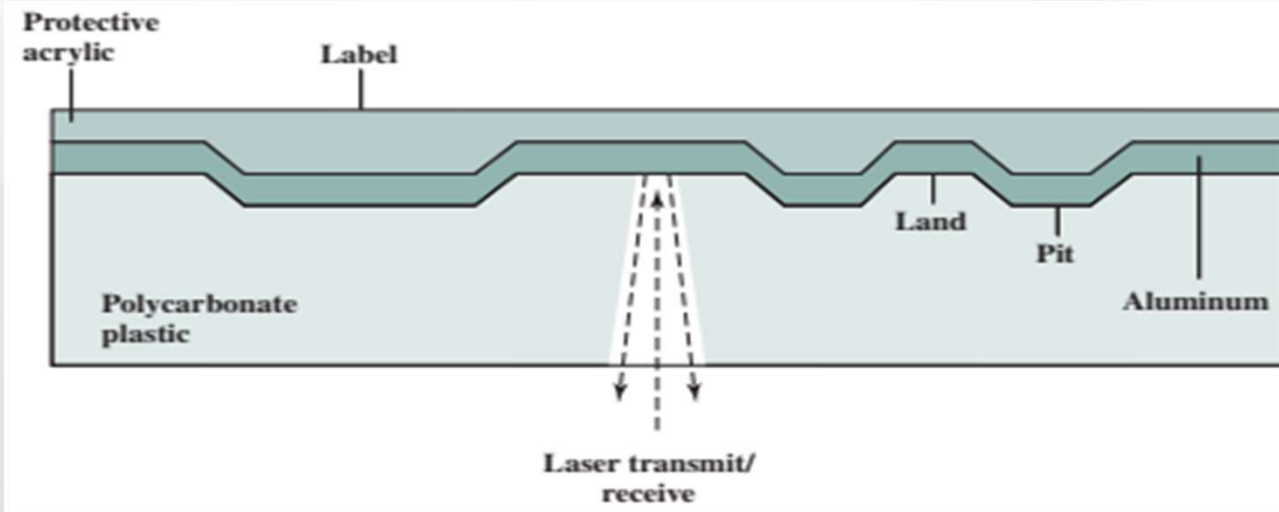
# Memori Optik

- Memori optik → media penyimpanan data elektronik yang dapat ditulis dan dibaca dengan sinar laser
- Produk awal yaitu CD untuk audio, 650 MB selama 70 menit
- CD dan CD-ROM teknologi sama, namun CD-ROM player lebih tangguh dan memiliki perangkat error correction
- Karakter:
  - Bahan resin → polikarbonat
  - Rekaman informasi digital → serangkaian lubang mikroskopik (microscopic pits). Data disimpan → pits
  - Laser berintensitas tinggi dan fokus untuk membuat master disk
  - Permukaan pit dilapisi aluminium atau emas (reflektif)
  - Permukaan mengkilap ini terlindung dari debu dan goresan dengan lapisan atas dari akrilik bening, kemudian label



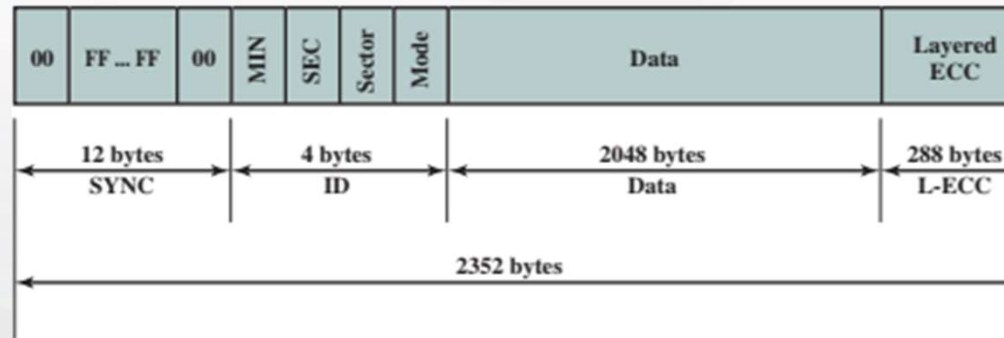


# Operasi CD





# Format Blok CD



- Sync → permulaan blok
- Header → alamat blok dan mode byte
  - Mode 0 = blank data field
  - Mode 1 = 2048 byte data+error correction
  - Mode 2 = 2336 byte data
- Data → data user
- Auxiliary → data user tambahan





# CD-ROM

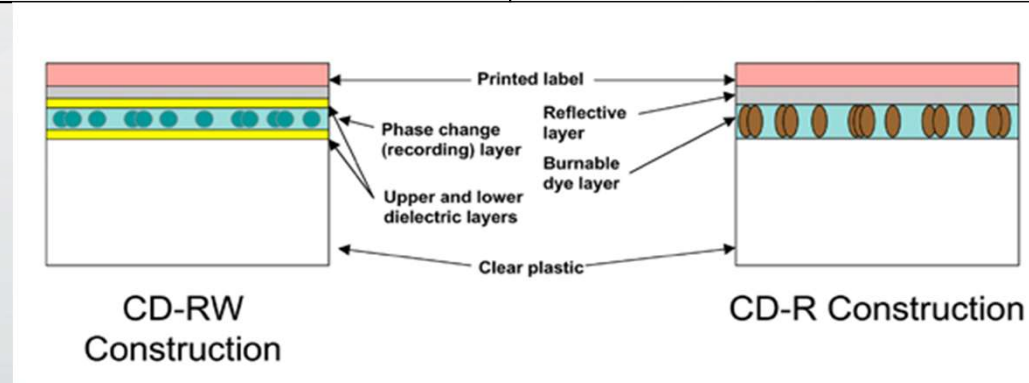
- CD-ROM sesuai untuk distribusi data dalam jumlah besar ke sejumlah besar pengguna (tidak sesuai dengan aplikasi individu)

Keuntungan	Kekurangan
Informasi yang disimpan di dalamnya dapat direplikasi secara massal dengan murah	Read-only, tidak dapat diperbarui
Dapat dilepas, memungkinkan disk itu sendiri digunakan untuk penyimpanan arsip	Waktu akses lebih lama dari pada drive disk magnetik



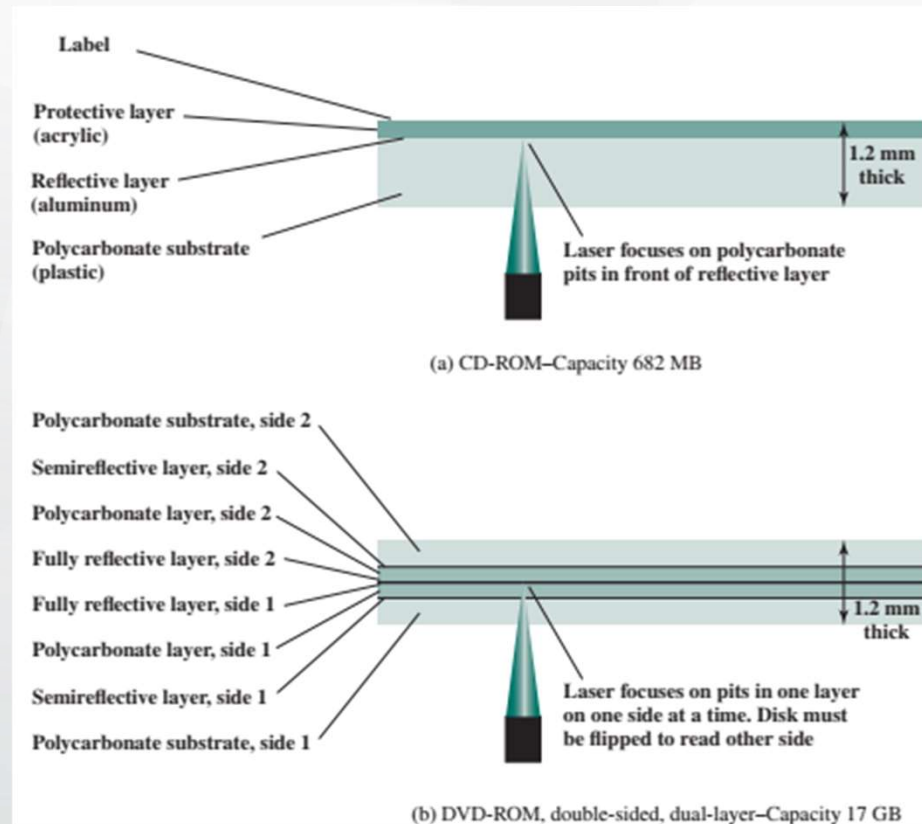
# CD-R dan CD-RW

CD-Recordable (CD-R)	CD-Rewritable (CD-RW)
Write Once Read Many (WORM)	Dapat ditulis, ditimpa, atau dihapus berulang kali
Media dye layer untuk mengubah refleksi dan diaktivasi laser intensitas tinggi	Perubahan fasa dengan sinar laser, 2 bahan berbeda → amorphous (0) dan crystalline (1)
Mengakomodasi aplikasi yang hanya membutuhkan satu atau sejumlah kecil salinan dari sekumpulan data	Keandalan cukup tinggi dan long-life





# CD-ROM dan DVD-ROM

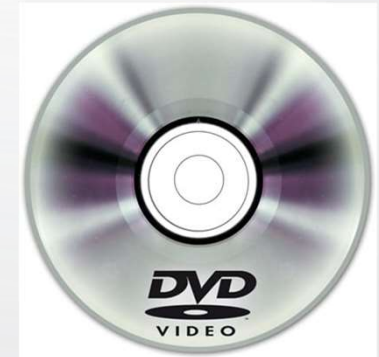




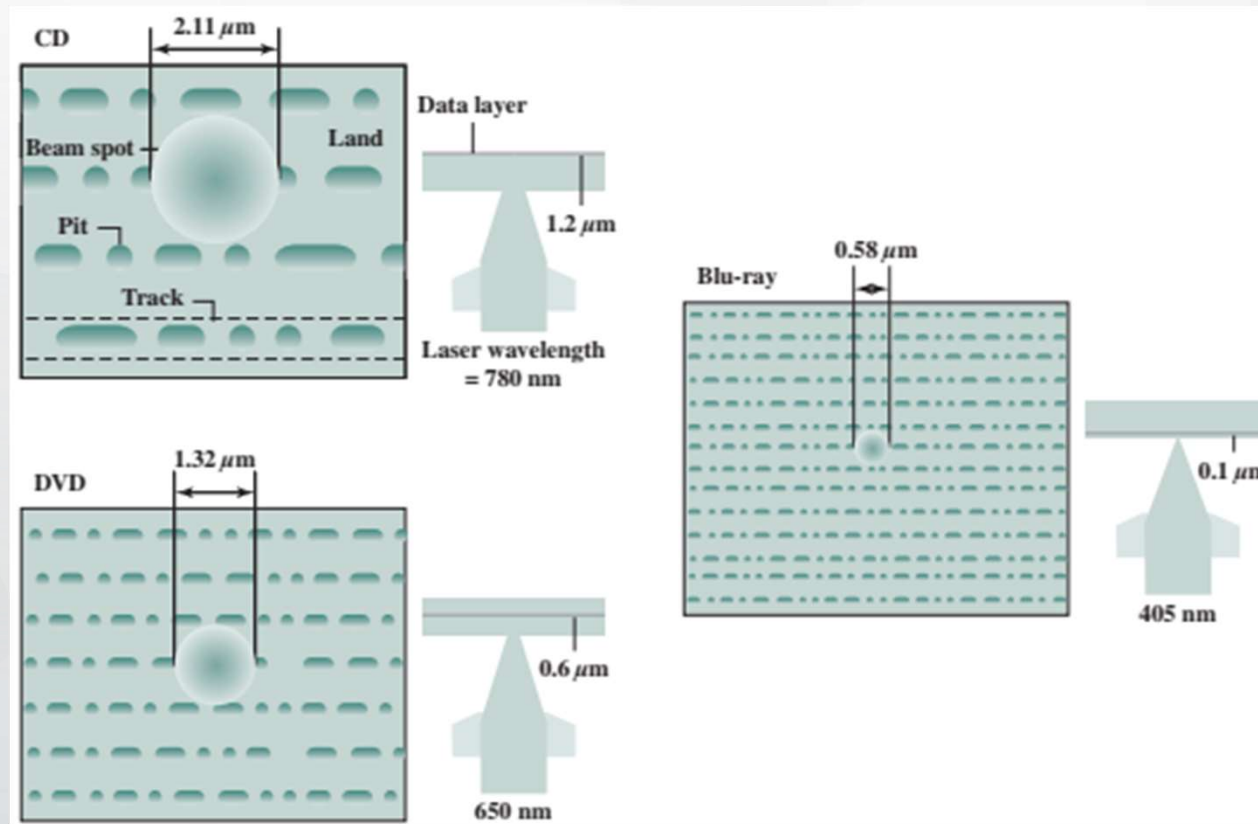


# DVD, DVD-R, DVD-RW, Blu-ray

- **DVD → Digital Versatile Disk, pengganti Video Cassette Recorder (VCR)**
  - Dapat membaca memainkan video dan membaca data digital lainnya
  - Kapasitas double-sided up to 17 GB, read-only (DVD-ROM)
- **DVD-R → DVD Recordable**
  - Hanya dapat menulis ke disk sekali
  - Hanya satu sisi disk yang digunakan
- **DVD-RW → DVD Rewritable**
  - Dapat menghapus dan menulis ulang ke disk beberapa kali
  - Hanya satu sisi disk yang digunakan
- **Blu-ray**
  - Disk untuk video HD (High Definition)
  - Kepadatan penyimpanan data lebih besar daripada DVD
  - Laser blue-violet 45 nm
  - Satu layer pada satu sisi bisa menyimpan 25 GB



# Karakteristik Memori Optik



# Pita Magnetik

- Teknik membaca dan merekam sama seperti disk
- Media → pita polyester fleksibel yang dilapisi bahan magnet
- Lapisan dapat terdiri dari partikel logam murni
- Data pada pita disusun sebagai sejumlah track paralel yang memanjang
- Serial recording
  - Data disusun sebagai urutan bit di sepanjang track
- Data dibaca dan ditulis dalam blok yang berdekatan yang disebut physical recording
- Blok pada pita dipisahkan oleh gap yang disebut inter-record gaps

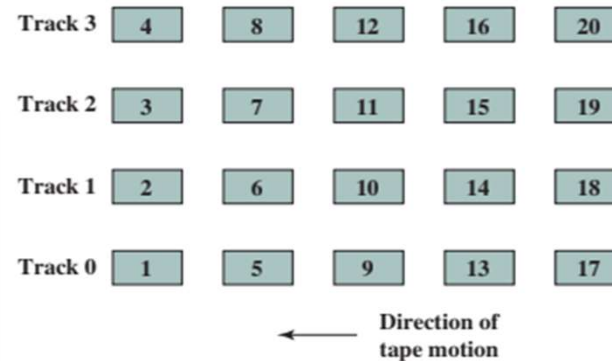




# Teknik Perekaman pada Pita



(a) Serpentine reading and writing



(b) Block layout for system that reads-writes four tracks simultaneously





# Linear Tape Open (LTO)

- LTO → teknologi pita yang menggunakan sistem cartridge dan sampai sekarang masih populer digunakan
- Dikembangkan tahun 1990an sebagai alternatif open-source untuk format pita magnetik eksklusif
- Biasanya digunakan menyimpan data yang sangat besar pada data center atau perbankan atau perusahaan dengan kebutuhan data yang cukup besar
- Harga pita lebih murah dibanding HDD, bahkan juga SSD. Namun, perangkat pembacanya yang mahal





# Generasi LTO

	LTO-1	LTO-2	LTO-3	LTO-4	LTO-5	LTO-6	LTO-7	LTO-8
Release date	2000	2003	2005	2007	2010	2012	TBA	TBA
Compressed capacity	200 GB	400 GB	800 GB	1600 GB	3.2 TB	8 TB	16 TB	32 TB
Compressed transfer rate	40 MB/s	80 MB/s	160 MB/s	240 MB/s	280 MB/s	400 MB/s	788 MB/s	1.18 GB/s
Linear density (bits/mm)	4880	7398	9638	13,250	15,142	15,143		
Tape tracks	384	512	704	896	1280	2176		
Tape length (m)	609	609	680	820	846	846		
Tape width (cm)	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27		
Write elements	8	8	16	16	16	16		
WORM?	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Encryption Capable?	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Partitioning?	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes





TERIMA KASIH

