**Nama = Ancas Nuzul Nur Hidayah**

**NIM = L200150068**

**Kelas = C**

**Pengertian Mikroprosesor**

Sebuah mikroprosesor (sering dituliskan: µP atau uP) adalah sebuah central processing unit (CPU) elektronik komputer yang terbuat dari transistor mini dan sirkuit lainnya di atas sebuah sirkuit terintegrasi semikonduktor.

Sebelum berkembangnya mikroprosesor, CPU elektronik terbuat dari sirkuit terintegrasi TTL terpisah; sebelumnya, transistor individual; sebelumnya lagi, dari tabung vakum. Bahkan telah ada desain untuk mesin komputer sederhana atas dasar bagian mekanik seperti gear, shaft, lever, Tinkertoy, dll.

Evolusi dari mikroprosesor telah diketahui mengikuti Hukum Moore yang merupakan peningkatan performa dari tahun ke tahun. Teori ini merumuskan bahwa daya penghitungan akan berlipat ganda setiap 18 bulan, sebuah proses yang benar terjadi sejak awal 1970-an; sebuah kejutan bagi orang-orang yang berhubungan. Dari awal sebagai driver dalam kalkulator, perkembangan kekuatan telah menuju ke dominasi mikroprosesor di berbagai jenis komputer; setiap sistem dari mainframe terbesar sampai ke komputer pegang terkecil sekarang menggunakan mikroprosesor sebagai pusatnya.

**Perkembangan Microprocessor sejak tahun 2014 hingga 2016**

1. pada tahun 2014
2. Intel Core i5 Generasi ke 4, yaitu :

* Intel® Core™ i5-4460 Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)
* Intel® Core™ i5-4460S Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)
* Intel® Core™ i5-4460T Processor (6M Cache, up to 2.70 GHz)
* Intel® Core™ i5-4590T Processor (6M Cache, up to 3.00 GHz)
* Intel® Core™ i5-4590S Processor (6M Cache, up to 3.70 GHz)
* Intel® Core™ i5-4590 Processor (6M Cache, up to 3.70 GHz)
* Intel® Core™ i5-4690T Processor (6M Cache, up to 3.50 GHz)
* Intel® Core™ i5-4690S Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)
* Intel® Core™ i5-4690K Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)
* Intel® Core™ i5-4690 Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)

1. Intel Core i7 Generasi ke 4, yaitu :

* Intel® Core™ i7-4790T Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz)
* Intel® Core™ i7-4790S Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)
* Intel® Core™ i7-4790K Processor (8M Cache, up to 4.40 GHz)
* Intel® Core™ i7-4790 Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)
* Intel® Core™ i7-4785T Processor (8M Cache, up to 3.20 GHz)

1. Pada tahun 2015
2. Intel core i5 processor generasi ke 6, yaitu :

* Intel® Core™ i5-6400T Processor (6M Cache, up to 2.80 GHz)
* Intel® Core™ i5-6400 Processor (6M Cache, up to 3.30 GHz)
* Intel® Core™ i5-6402P Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)
* Intel® Core™ i5-6500T Processor (6M Cache, up to 3.10 GHz)
* Intel® Core™ i5-6500 Processor (6M Cache, up to 3.60 GHz)
* Intel® Core™ i5-6600T Processor (6M Cache, up to 3.50 GHz)
* Intel® Core™ i5-6600K Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)
* Intel® Core™ i5-6600 Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)

1. Intel Core i7 Processor generasi ke 6, yaitu :

* Intel® Core™ i7-6700 Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)
* Intel® Core™ i7-6700T Processor (8M Cache, up to 3.60 GHz)
* Intel® Core™ i7-6700K Processor (8M Cache, up to 4.20 GHz)

1. Pada tahun 2016
2. Intel Core i7 Generasi ke 6, yaitu :

* Intel® Core™ i7-6785R Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz)
* Intel® Core™ i5-6585R Processor (6M Cache, up to 3.60 GHz)

1. Intel Core i5 Generasi ke 6, yaitu :

* Intel® Core™ i5-6685R Processor (6M Cache, up to 3.80 GHz)

**Tahun 2014**

|  |
| --- |
|  |
| Nama Produk | [Intel® Core™ i5-4460 Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80817/Intel-Core-i5-4460-Processor-6M-Cache-up-to-3_40-GHz) | [Intel® Core™ i5-4460S Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80818/Intel-Core-i5-4460S-Processor-6M-Cache-up-to-3_40-GHz) | [Intel® Core™ i5-4460T Processor (6M Cache, up to 2.70 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/78927/Intel-Core-i5-4460T-Processor-6M-Cache-up-to-2_70-GHz) | [Intel® Core™ i5-4590T Processor (6M Cache, up to 3.00 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/78928/Intel-Core-i5-4590T-Processor-6M-Cache-up-to-3_00-GHz) | [Intel® Core™ i5-4590S Processor (6M Cache, up to 3.70 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80816/Intel-Core-i5-4590S-Processor-6M-Cache-up-to-3_70-GHz) | [Intel® Core™ i5-4590 Processor (6M Cache, up to 3.70 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80815/Intel-Core-i5-4590-Processor-6M-Cache-up-to-3_70-GHz) | [Intel® Core™ i5-4690T Processor (6M Cache, up to 3.50 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80813/Intel-Core-i5-4690T-Processor-6M-Cache-up-to-3_50-GHz) | [Intel® Core™ i5-4690S Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80812/Intel-Core-i5-4690S-Processor-6M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i5-4690K Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80811/Intel-Core-i5-4690K-Processor-6M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i5-4690 Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80810/Intel-Core-i5-4690-Processor-6M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i7-4790T Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80809/Intel-Core-i7-4790T-Processor-8M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i7-4790S Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80808/Intel-Core-i7-4790S-Processor-8M-Cache-up-to-4_00-GHz) | [Intel® Core™ i7-4790K Processor (8M Cache, up to 4.40 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80807/Intel-Core-i7-4790K-Processor-8M-Cache-up-to-4_40-GHz) | [Intel® Core™ i7-4790 Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80806/Intel-Core-i7-4790-Processor-8M-Cache-up-to-4_00-GHz) | [Intel® Core™ i7-4785T Processor (8M Cache, up to 3.20 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/80814/Intel-Core-i7-4785T-Processor-8M-Cache-up-to-3_20-GHz) |
| Nama Kode | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Devil's Canyon](http://ark.intel.com/id/products/codename/81246/Devils-Canyon) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Devil's Canyon](http://ark.intel.com/id/products/codename/81246/Devils-Canyon) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) | [Haswell](http://ark.intel.com/id/products/codename/42174/Haswell) |
| **-**  Hal Penting | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nomor Prosesor | i5-4460 | i5-4460S | i5-4460T | i5-4590T | i5-4590S | i5-4590 | i5-4690T | i5-4690S | i5-4690K | i5-4690 | i7-4790T | i7-4790S | i7-4790K | i7-4790 | i7-4785T |
| Status | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched |
| Tanggal Peluncuran | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 | Q2'14 |
| Litografi | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm | 22 nm |
| Rekomendasi Harga Pelanggan | $182.00 - $187.00 | $182.00 | $182.00 | $192.00 | $192.00 - $202.00 | $192.00 - $202.00 | $213.00 | $213.00 - $224.00 | $242.00 - $243.00 | $213.00 - $224.00 | $303.00 | $303.00 - $312.00 | $339.00 - $350.00 | $303.00 - $312.00 | $303.00 |
| **-**  Performa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jumlah Inti | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Jumlah Untaian | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Frekuensi Dasar Prosesor | 3.20 GHz | 2.90 GHz | 1.90 GHz | 2.00 GHz | 3.00 GHz | 3.30 GHz | 2.50 GHz | 3.20 GHz | 3.50 GHz | 3.50 GHz | 2.70 GHz | 3.20 GHz | 4.00 GHz | 3.60 GHz | 2.20 GHz |
| Frekuensi Turbo Maks | 3.40 GHz | 3.40 GHz | 2.70 GHz | 3.00 GHz | 3.70 GHz | 3.70 GHz | 3.50 GHz | 3.90 GHz | 3.90 GHz | 3.90 GHz | 3.90 GHz | 4.00 GHz | 4.40 GHz | 4.00 GHz | 3.20 GHz |
| Cache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache |
| Kecepatan Bus | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 | 5 GT/s DMI2 |
| TDP | 84 W | 65 W | 35 W | 35 W | 65 W | 84 W | 45 W | 65 W | 88 W | 84 W | 45 W | 65 W | 88 W | 84 W | 35 W |
| **-**  Informasi Tambahan | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tersedia Opsi Terpasang | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Tidak | Tidak | Tidak |
| Bebas Konflik | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Lembar Data | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/CoreTechnicalResources.html) |
| **-**  Spesifikasi Memori | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ukuran Memori Maks (bergantung jenis memori) | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB | 32 GB |
| Jenis Memori | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V | DDR3-1333/1600, DDR3L-1333/1600 @ 1.5V |
| Jumlah Maksimum Saluran Memori | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Bandwidth Memori Maks | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s | 25,6 GB/s |
| Mendukung Memori ECC ‡ | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak |
| **-**  Spesifikasi Grafis | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grafis Prosesor ‡ | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 | Intel® HD Graphics 4600 |
| Frekuensi Dasar Grafik | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz |
| Frekuensi Dinamis Maks Grafik | 1.10 GHz | 1.10 GHz | 1.10 GHz | 1.15 GHz | 1.15 GHz | 1.15 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz | 1.25 GHz | 1.20 GHz | 1.20 GHz |
| Memori Maks Video Grafik | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB | 2 GB |
| Output Grafis | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/VGA | eDP/DP/HDMI/DVI/VGA | eDP/DP/HDMI/DVI/VGA | eDP/DP/HDMI/DVI/VGA | eDP/DP/HDMI/DVI/VGA | eDP/DP/HDMI/DVI/VGA |
| Resolusi Maksimum (HDMI 1.4)‡ | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 3840x2160@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 3840x2160@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz |
| Resolusi Maksimum (DP)‡ | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz |
| Resolusi Maksimum (eDP - Panel Datar Terintegrasi)‡ | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz | 3840x2160@60Hz |
| Resolusi Maksimum (VGA)‡ | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz | 1920x1200@60Hz |
| Dukungan DirectX\* | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 | 11.2/12 |
| Dukungan OpenGL\* | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.3 |
| Intel® Quick Sync Video | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® InTru™ 3D Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Wireless Display | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Flexible Display Interface (Intel® FDI) | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Clear Video HD Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Jumlah Layar yang Didukung‡ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ID Perangkat | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 | 0x412 |
| Unit Eksekusi |  |  |  |  |  |  |  |  | 20 |  |  |  | 20 |  |  |
| **-**  Opsi Ekspansi | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kemudahan untuk Diskalakan | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only |
| Revisi PCI Express | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 | 3.0 | Up to 3.0 | Up to 3.0 |
| Konfigurasi PCI Express ‡ | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 |
| Jumlah Maksimal Jalur PCI Express | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| **-**  Spesifikasi Paket | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soket yang Didukung | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 | FCLGA1150 |
| Konfigurasi CPU Maks | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Spesifikasi Solusi Termal | PCG 2013D | PCG 2013C | PCG 2013A | PCG 2013A | PCG 2013C | PCG 2013D | PCG 2013B | PCG 2013C | PCG 2013D | PCG 2013D | PCG 2013B | PCG 2013C | PCG 2013D | PCG 2013D | PCG 2013A |
| TCASE | 72.72°C | 71.35°C | 66.35°C | 66.35°C | 71.35°C | 72.72°C | 71.45°C | 71.35°C | 72.72°C | 72.72°C | 71.45°C | 71.35°C | 74.04°C | 72.72°C | 66.35°C |
| Ukuran Paket | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm |
| Opsi Halogen Rendah Tersedia | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS |
| **-**  Teknologi Canggih | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intel® Turbo Boost Technology ‡ | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Intel® vPro™ Technology ‡ | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya |
| Intel® Hyper-Threading Technology ‡ | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Virtualization Technology (VT-x) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® VT-x dengan Extended Page Tables (EPT) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® TSX-NI | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak |
| Intel® 64 ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Set Instruksi | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit |
| Ekstensi Set Instruksi | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 |
| Intel® My WiFi Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Keadaan Diam | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Enhanced Intel SpeedStep® Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Teknologi Pemantauan Panas | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Identity Protection Technology ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Stable Image Platform Program (SIPP) | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya |
| Keunggulan Intel® untuk Usaha Kecil | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |  | Ya | Ya | Ya |  | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Data Protection Technology | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pentunjuk Baru Intel® AES | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Kode Keamanan | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Platform Protection Technology | | | | | | | | | | | | | | | |
| OS Guard | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Trusted Execution Technology‡ | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya | Ya |
| Execute Disable Bit ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Anti-Theft Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Tahun 2015**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nama Produk | [Intel® Core™ i7-6700 Processor (8M Cache, up to 4.00 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88196/Intel-Core-i7-6700-Processor-8M-Cache-up-to-4_00-GHz) | [Intel® Core™ i7-6700T Processor (8M Cache, up to 3.60 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88200/Intel-Core-i7-6700T-Processor-8M-Cache-up-to-3_60-GHz) | [Intel® Core™ i7-6700K Processor (8M Cache, up to 4.20 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88195/Intel-Core-i7-6700K-Processor-8M-Cache-up-to-4_20-GHz) | [Intel® Core™ i5-6400T Processor (6M Cache, up to 2.80 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88187/Intel-Core-i5-6400T-Processor-6M-Cache-up-to-2_80-GHz) | [Intel® Core™ i5-6400 Processor (6M Cache, up to 3.30 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88185/Intel-Core-i5-6400-Processor-6M-Cache-up-to-3_30-GHz) | [Intel® Core™ i5-6402P Processor (6M Cache, up to 3.40 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/93277/Intel-Core-i5-6402P-Processor-6M-Cache-up-to-3_40-GHz) | [Intel® Core™ i5-6500T Processor (6M Cache, up to 3.10 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88183/Intel-Core-i5-6500T-Processor-6M-Cache-up-to-3_10-GHz) | [Intel® Core™ i5-6500 Processor (6M Cache, up to 3.60 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88184/Intel-Core-i5-6500-Processor-6M-Cache-up-to-3_60-GHz) | [Intel® Core™ i5-6600T Processor (6M Cache, up to 3.50 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88189/Intel-Core-i5-6600T-Processor-6M-Cache-up-to-3_50-GHz) | [Intel® Core™ i5-6600K Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88191/Intel-Core-i5-6600K-Processor-6M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i5-6600 Processor (6M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/88188/Intel-Core-i5-6600-Processor-6M-Cache-up-to-3_90-GHz) |
| Nama Kode | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) |
| **-**  Hal Penting | | | | | | | | | | | |
| Nomor Prosesor | i7-6700 | i7-6700T | i7-6700K | i5-6400T | i5-6400 | i5-6402P | i5-6500T | i5-6500 | i5-6600T | i5-6600K | i5-6600 |
| Status | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched | Launched |
| Tanggal Peluncuran | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q4'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 | Q3'15 |
| Litografi | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm | 14 nm |
| Hal yang Disertakan | Thermal Solution - E97379 | Thermal Solution - E98290 |  | Thermal Solution - E98290 | Thermal Solution - E97379 | Thermal Solution - E97379 | Thermal Solution - E98290 | Thermal Solution - E97379 | Thermal Solution - E98290 |  | Thermal Solution - E97379 |
| Rekomendasi Harga Pelanggan | $303.00 - $312.00 | $303.00 | $339.00 - $350.00 | $182.00 | $182.00 - $187.00 | $182.00 - $187.00 | $192.00 | $192.00 - $202.00 | $213.00 | $242.00 - $243.00 | $213.00 - $224.00 |
| **-**  Performa | | | | | | | | | | | |
| Jumlah Inti | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Jumlah Untaian | 8 | 8 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Frekuensi Dasar Prosesor | 3.40 GHz | 2.80 GHz | 4.00 GHz | 2.20 GHz | 2.70 GHz | 2.80 GHz | 2.50 GHz | 3.20 GHz | 2.70 GHz | 3.50 GHz | 3.30 GHz |
| Frekuensi Turbo Maks | 4.00 GHz | 3.60 GHz | 4.20 GHz | 2.80 GHz | 3.30 GHz | 3.40 GHz | 3.10 GHz | 3.60 GHz | 3.50 GHz | 3.90 GHz | 3.90 GHz |
| Cache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 8 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache | 6 MB SmartCache |
| Kecepatan Bus | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 |
| TDP | 65 W | 35 W | 91 W | 35 W | 65 W | 65 W | 35 W | 65 W | 35 W | 91 W | 65 W |
| Jumlah Tautan QPI |  |  | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **-**  Informasi Tambahan | | | | | | | | | | | |
| Tersedia Opsi Terpasang | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Tidak | Tidak | Tidak |
| Bebas Konflik | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Lembar Data | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) |
| Deskripsi Produk |  |  | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/6th-gen-core-family-desktop-brief.html) |  |  |  |  |  |  | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/6th-gen-core-family-desktop-brief.html) |  |
| **-**  Spesifikasi Memori | | | | | | | | | | | |
| Ukuran Memori Maks (bergantung jenis memori) | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB |
| Jenis Memori | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V |
| Jumlah Maksimum Saluran Memori | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Bandwidth Memori Maks | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s |
| Mendukung Memori ECC ‡ | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak |
| **-**  Spesifikasi Grafis | | | | | | | | | | | |
| Grafis Prosesor ‡ | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 510 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 | Intel® HD Graphics 530 |
| Frekuensi Dasar Grafik | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz |
| Frekuensi Dinamis Maks Grafik | 1.15 GHz | 1.10 GHz | 1.15 GHz | 950.00 MHz | 950.00 MHz | 950.00 MHz | 1.10 GHz | 1.05 GHz | 1.10 GHz | 1.15 GHz | 1.15 GHz |
| Memori Maks Video Grafik | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB | 64 GB |
| Output Grafis | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI |
| Dukungan 4K | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz |
| Resolusi Maksimum (Intel® WiDi)‡ | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p | 1080p |
| Resolusi Maksimum (HDMI 1.4)‡ | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz |
| Resolusi Maksimum (DP)‡ | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz |
| Resolusi Maksimum (eDP - Panel Datar Terintegrasi)‡ | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz |
| Resolusi Maksimum (VGA)‡ | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Dukungan DirectX\* | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Dukungan OpenGL\* | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| Intel® Quick Sync Video | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® InTru™ 3D Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Wireless Display | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Clear Video HD Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Clear Video Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Jumlah Layar yang Didukung‡ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ID Perangkat | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1902 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 | 0x1912 |
| **-**  Opsi Ekspansi | | | | | | | | | | | |
| Kemudahan untuk Diskalakan | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only | 1S Only |
| Revisi PCI Express | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| Konfigurasi PCI Express ‡ | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 | Up to 1x16, 2x8, 1x8+2x4 |
| Jumlah Maksimal Jalur PCI Express | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| **-**  Spesifikasi Paket | | | | | | | | | | | |
| Soket yang Didukung | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 | FCLGA1151 |
| Konfigurasi CPU Maks | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Spesifikasi Solusi Termal | PCG 2015C (65W) | PCG 2015A (35W) | PCG 2015D (130W) | PCG 2015A (35W) | PCG 2015C (65W) | PCG 2015C (65W) | PCG 2015A (35W) | PCG 2015C (65W) | PCG 2015A (35W) | PCG 2015D (130W) | PCG 2015C (65W) |
| TCASE | 71°C | 66°C | 64°C | 66°C | 71°C | 71°C | 66°C | 71°C | 66°C | 64°C | 71°C |
| Ukuran Paket | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm | 37.5mm x 37.5mm |
| Opsi Halogen Rendah Tersedia | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS |
| **-**  Teknologi Canggih | | | | | | | | | | | |
| Intel® Turbo Boost Technology ‡ | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Intel® vPro™ Technology ‡ | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya |
| Intel® Hyper-Threading Technology ‡ | Ya | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak |
| Intel® Virtualization Technology (VT-x) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® VT-x dengan Extended Page Tables (EPT) ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® TSX-NI | Ya | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® 64 ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Set Instruksi | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit | 64-bit |
| Ekstensi Set Instruksi | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 |
| Keadaan Diam | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Enhanced Intel SpeedStep® Technology | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Teknologi Pemantauan Panas | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Identity Protection Technology ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Stable Image Platform Program (SIPP) | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya |
| Keunggulan Intel® untuk Usaha Kecil | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Data Protection Technology | | | | | | | | | | | |
| Pentunjuk Baru Intel® AES | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Kode Keamanan | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Software Guard Extensions (Intel®SGX) | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Memory Protection Extensions (Intel® MPX) | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Platform Protection Technology | | | | | | | | | | | |
| OS Guard | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |
| Trusted Execution Technology‡ | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Ya | Tidak | Ya |
| Execute Disable Bit ‡ | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya | Ya |

**Tahun 2016**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nama Produk | [Intel® Core™ i7-6785R Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/93339/Intel-Core-i7-6785R-Processor-8M-Cache-up-to-3_90-GHz) | [Intel® Core™ i5-6585R Processor (6M Cache, up to 3.60 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/93337/Intel-Core-i5-6585R-Processor-6M-Cache-up-to-3_60-GHz) | [Intel® Core™ i5-6685R Processor (6M Cache, up to 3.80 GHz)](http://ark.intel.com/id/products/93338/Intel-Core-i5-6685R-Processor-6M-Cache-up-to-3_80-GHz) |
| Nama Kode | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) | [Skylake](http://ark.intel.com/id/products/codename/37572/Skylake) |
| **-**  Hal Penting | | | |
| Nomor Prosesor | i7-6785R | i5-6585R | i5-6685R |
| Status | Launched | Launched | Launched |
| Tanggal Peluncuran | Q2'16 | Q2'16 | Q2'16 |
| Litografi | 14 nm | 14 nm | 14 nm |
| Rekomendasi Harga Pelanggan | N/A | N/A | N/A |
| **-**  Performa | | | |
| Jumlah Inti | 4 | 4 | 4 |
| Jumlah Untaian | 8 | 4 | 4 |
| Frekuensi Dasar Prosesor | 3.30 GHz | 2.80 GHz | 3.20 GHz |
| Frekuensi Turbo Maks | 3.90 GHz | 3.60 GHz | 3.80 GHz |
| Cache | 8 MB | 6 MB | 6 MB |
| Kecepatan Bus | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 | 8 GT/s DMI3 |
| TDP | 65 W | 65 W | 65 W |
| **-**  Informasi Tambahan | | | |
| Tersedia Opsi Terpasang | Tidak | Tidak | Tidak |
| Bebas Konflik | Ya | Ya | Ya |
| Lembar Data | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) | [Link](http://www.intel.com/content/www/us/en/processors/core/core-technical-resources.html) |
| **-**  Spesifikasi Memori | | | |
| Ukuran Memori Maks (bergantung jenis memori) | 64 GB | 64 GB | 64 GB |
| Jenis Memori | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V | DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V |
| Jumlah Maksimum Saluran Memori | 2 | 2 | 2 |
| Bandwidth Memori Maks | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s | 34,1 GB/s |
| Mendukung Memori ECC ‡ | Tidak | Tidak | Tidak |
| **-**  Spesifikasi Grafis | | | |
| Grafis Prosesor ‡ | Intel® Iris™ Pro Graphics 580 | Intel® Iris™ Pro Graphics 580 | Intel® Iris™ Pro Graphics 580 |
| Frekuensi Dasar Grafik | 350.00 MHz | 350.00 MHz | 350.00 MHz |
| Frekuensi Dinamis Maks Grafik | 1.15 GHz | 1.10 GHz | 1.15 GHz |
| Memori Maks Video Grafik | 64 GB | 64 GB | 64 GB |
| eDRAM | 128 MB | 128 MB | 128 MB |
| Output Grafis | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI | eDP/DP/HDMI/DVI |
| Dukungan 4K | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz | Yes, at 60Hz |
| Resolusi Maksimum (Intel® WiDi)‡ | 1080p | 1080p | 1080p |
| Resolusi Maksimum (HDMI 1.4)‡ | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz | 4096x2304@24Hz |
| Resolusi Maksimum (DP)‡ | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz |
| Resolusi Maksimum (eDP - Panel Datar Terintegrasi)‡ | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz | 4096x2304@60Hz |
| Resolusi Maksimum (VGA)‡ | N/A | N/A | N/A |
| Dukungan DirectX\* | 12 | 12 | 12 |
| Dukungan OpenGL\* | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| Intel® Quick Sync Video | Ya | Ya | Ya |
| Intel® InTru™ 3D Technology | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Wireless Display | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Clear Video HD Technology | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Clear Video Technology | Ya | Ya | Ya |
| Jumlah Layar yang Didukung ‡ | 3 | 3 | 3 |
| ID Perangkat | 0x193B | 0x193B | 0x193B |
| **-**  Opsi Ekspansi | | | |
| Kemudahan untuk Diskalakan | 1S Only | 1S Only | 1S Only |
| Revisi PCI Express | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| Konfigurasi PCI Express ‡ | 1x16,2x8,1x8+2x4 | 1x16,2x8,1x8+2x4 | 1x16,2x8,1x8+2x4 |
| Jumlah Maksimal Jalur PCI Express | 16 | 16 | 16 |
| **-**  Spesifikasi Paket | | | |
| Konfigurasi CPU Maks | 1 | 1 | 1 |
| Spesifikasi Solusi Termal | PCG 2015C (65W) | PCG 2015C (65W) | PCG 2015C (65W) |
| TCASE | 71°C | 71°C | 71°C |
| Ukuran Paket | 42mm x 28mm | 42mm x 28mm | 42mm x 28mm |
| Opsi Halogen Rendah Tersedia | Lihat MDDS | Lihat MDDS | Lihat MDDS |
| **-**  Teknologi Canggih | | | |
| Intel® Turbo Boost Technology‡ | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Intel® vPro™ Technology ‡ | Tidak | Tidak | Tidak |
| Intel® Hyper-Threading Technology ‡ | Ya | Tidak | Tidak |
| Intel® Virtualization Technology (VT-x) ‡ | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d)‡ | Ya | Ya | Ya |
| Intel® VT-x dengan Extended Page Tables (EPT) ‡ | Ya | Ya | Ya |
| Intel® TSX-NI | Ya | Ya | Ya |
| Intel® 64 ‡ | Ya | Ya | Ya |
| Set Instruksi | 64-bit | 64-bit | 64-bit |
| Ekstensi Set Instruksi | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 | SSE4.1/4.2, AVX 2.0 |
| Keadaan Diam | Ya | Ya | Ya |
| Enhanced Intel SpeedStep® Technology | Ya | Ya | Ya |
| Teknologi Pemantauan Panas | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Identity Protection Technology ‡ | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Stable Image Platform Program (SIPP) | Tidak | Tidak | Tidak |
| Keunggulan Intel® untuk Usaha Kecil | Ya | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Data Protection Technology | | | |
| Pentunjuk Baru Intel® AES | Ya | Ya | Ya |
| Kode Keamanan | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Software Guard Extensions (Intel®SGX) | Ya | Ya | Ya |
| Intel® Memory Protection Extensions (Intel® MPX) | Ya | Ya | Ya |
| **-**  Intel® Platform Protection Technology | | | |
| OS Guard | Ya | Ya | Ya |
| Trusted Execution Technology‡ | Ya | Ya | Ya |
| Execute Disable Bit ‡ | Ya | Ya | Ya |

**Flash Memory**

Flash memori adalah elektronik ( solid-state ) non-volatile penyimpanan komputer media yang dapat dihapus secara elektrik dan memprogram.

Toshiba dikembangkan memori flash dari EEPROM (elektrik bisa dihapus programmable read-only memory) pada awal tahun 1980 dan diperkenalkan ke pasar pada tahun 1984. Dua jenis utama dari memori flash yang dinamai NAND dan NOR gerbang logika . Sel-sel memori flash individual menunjukkan karakteristik internal mirip dengan gerbang yang sesuai.

Sedangkan EPROMs harus benar-benar terhapus sebelum ditulis ulang, NAND-jenis memori flash dapat ditulis dan dibaca di blok (atau halaman) yang umumnya jauh lebih kecil dari seluruh perangkat. NOR-tipe flash memungkinkan satu kata mesin (byte) yang akan written ke terhapus lokasi-atau membaca secara mandiri.

Jenis NAND beroperasi terutama di kartu memori , USB flash drive , solid-state drive (yang diproduksi pada tahun 2009 atau lambat), dan produk sejenis, untuk penyimpanan umum dan transfer data. NAND atau NOR memori flash juga sering digunakan untuk menyimpan data konfigurasi dalam berbagai produk digital, tugas yang sebelumnya dimungkinkan oleh EEPROM atau bertenaga baterai RAM statis . Salah satu kelemahan utama dari memori flash adalah bahwa ia hanya dapat bertahan jumlah yang relatif kecil dari siklus tulis di blok tertentu. [1]

Contoh aplikasi dari kedua jenis memori flash termasuk komputer pribadi, PDA , pemutar audio digital, kamera digital , ponsel, synthesizer, video game, instrumentasi ilmiah , robotika industri , dan elektronik medis . Selain menjadi non-volatile, flash memory menawarkan cepat dibaca waktu akses , meskipun tidak secepat RAM statis atau ROM. [2] resistensi shock mekanik Its membantu menjelaskan popularitasnya lebih hard disk di perangkat portabel, seperti halnya daya tahan yang tinggi, kemampuan untuk menahan tekanan tinggi, suhu dan perendaman dalam air, dll [3]

Meskipun memori flash secara teknis jenis EEPROM, istilah "EEPROM" umumnya digunakan untuk merujuk secara khusus untuk EEPROM non-Flash yang bisa dihapus di blok kecil, biasanya byte. Karena menghapus siklus lambat, ukuran blok besar digunakan dalam memori flash menghapus memberikan keuntungan kecepatan yang signifikan atas non-Flash EEPROM saat menulis data dalam jumlah besar. Pada 2013 , [ kebutuhan update? ] Biaya memori flash jauh lebih sedikit dari EEPROM byte-programmable dan telah menjadi jenis memori yang dominan di mana pun sistem diperlukan sejumlah besar non-volatile penyimpanan solid-state .

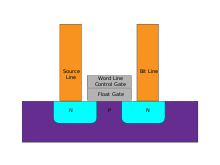
Flash memory (baik [NOR](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#NOR_memories) dan [NAND](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#NAND_memories) jenis) diciptakan oleh [Fujio Masuoka](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Fujio_Masuoka&usg=ALkJrhjSi_8PiItx8Pr9w0l9tV9ivs613g) saat bekerja untuk Toshiba sekitar tahun 1980. [[4]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-4) [[5]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-5) Menurut Toshiba, nama "flash" disarankan oleh rekan Masuoka, Shōji Ariizumi, karena proses penghapusan isi memori mengingatkannya pada [lampu kilat kamera](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_(photography)&usg=ALkJrhiNlxkFRWmG9lARVyk6yJhGRPVytQ) . [[6]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-6) Masuoka dan rekan disajikan penemuan di [*IEEE*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers&usg=ALkJrhi3HVLJR6VIH-4v5loEFOueqOTyuw)*1984 International Electron Devices Meeting* (IEDM) yang diselenggarakan di San Francisco. [[7]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-7)

[Intel Corporation](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_Corporation&usg=ALkJrhgFsX9_2Ricxf565g6CB9wxeWKfKg) melihat potensi besar dari penemuan ini dan memperkenalkan komersial jenis NOR flash chip pertama pada tahun 1988. [[8]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-8) berbasis flash-NOR memiliki menghapus panjang dan menulis kali, tetapi menyediakan alamat dan data lengkap bus, yang memungkinkan [akses acak](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Random_access&usg=ALkJrhjpSQe0VQg5-8TqXAyOJhfNo3_UIQ) ke lokasi memori . Hal ini membuat pengganti yang cocok untuk tua [memori read-only](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory&usg=ALkJrhiXLbBnwjWYH3uqaqBqvCoiZyfegQ) (ROM) chip, yang digunakan untuk menyimpan kode program yang jarang perlu diperbarui, seperti komputer [BIOS](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/BIOS&usg=ALkJrhgarcS248yWXibuDShrbQbdAqnzQQ) atau [firmware](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Firmware&usg=ALkJrhhkWQ1xhZ2tKRbz7HN8c9sMeN6efg) dari [kotak set-top](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Set-top_box&usg=ALkJrhhYHsLc_3f0RKE5U_HmAGCa6hywCQ) . Daya tahan mungkin dari sesedikit 100 siklus menghapus untuk memori flash on-chip, [[9]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-rej09b0138_h8s2357.pdf-9) ke 10.000 atau 100.000 siklus menghapus lebih khas, hingga 1.000.000 menghapus siklus. [[10]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-10) berbasis flash NOR adalah dasar awal Flash berbasis removable media; [CompactFlash](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/CompactFlash&usg=ALkJrhjDIhTlG_6Gp_CMivpR2GrqHCsccg) pada awalnya didasarkan pada itu, meskipun kartu kemudian pindah ke yang lebih murah NAND flash.

NAND flash telah berkurang menghapus dan menulis kali, dan membutuhkan lebih sedikit area chip per sel, sehingga memungkinkan kepadatan penyimpanan yang lebih besar dan biaya yang lebih rendah per bit dari NOR Flash; juga memiliki hingga 10 kali daya tahan flash NOR. Namun, I / O interface flash NAND tidak menyediakan akses-acak bus alamat eksternal. Sebaliknya, data harus dibaca secara blok-bijaksana, dengan ukuran blok khas ratusan hingga ribuan bit. Hal ini membuat flash NAND tidak cocok sebagai pengganti drop-in untuk program ROM, karena kebanyakan mikroprosesor dan mikrokontroler membutuhkan akses random byte-tingkat. Dalam hal ini, NAND flash mirip dengan sekunder lainnya [perangkat penyimpanan data](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Data_storage_device&usg=ALkJrhh-MY2Fu3omRWsXNC0nhpzUbVnvgQ) , seperti hard disk dan [media optik](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_media&usg=ALkJrhiNGPqNBmJmBDuf6XYMnxNs-eLhQQ) , dan dengan demikian, sangat cocok untuk digunakan di perangkat penyimpanan massal, seperti [kartu memori](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_card&usg=ALkJrhjh0dKae-DaLiHWS62AeTQPVq3Q8g) . Format removable media berbasis NAND pertama [SmartMedia](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/SmartMedia&usg=ALkJrhgDrbHMns-tqlC4WKyYMoioikHgaw) pada tahun 1995, dan banyak lainnya telah mengikuti, termasuk:

* [MultiMediaCard](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/MultiMediaCard&usg=ALkJrhi0t07WFAIxbdMwkwbnK3yzOqd5LA)
* [Secure Digital](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital&usg=ALkJrhjvOtpLC5wloKXjc4y5PfLBfs9j6w)
* [Memory Stick](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_Stick&usg=ALkJrhh_JiKa9L2QuSSExmyOMt4qgHQkkw) , dan [Kartu xD-Picture](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/XD-Picture_Card&usg=ALkJrhgmluczf554NlFx1Fqp_m8GUWpQaQ) .

Sebuah generasi baru dari format kartu memori, termasuk [RS-MMC](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/RS-MMC&usg=ALkJrhg6Lp4xh8e9a0fWli7hn5inZ2Mi6Q) , [miniSD](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/MiniSD&usg=ALkJrhi0-6vM8Zt3vsrvLfvqRrJafiafDQ) dan [microSD](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/MicroSD&usg=ALkJrhgQHUoSXd-cYPwBys1Ji368cXGtSQ) , fitur faktor bentuk yang sangat kecil. Misalnya, kartu microSD memiliki luas lebih dari 1,5 cm 2, dengan ketebalan kurang dari 1 mm. kapasitas microSD berkisar dari 64 [MB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Megabyte&usg=ALkJrhhoa-KTgMcV_tFbfzFxwYBx7-g0Nw) sampai 256 [GB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Gigabyte&usg=ALkJrhh_1HwYhg_CW9irgKP0PGByEaYRPA) , pada Mei 2016. [[11]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-11)

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flash_cell_structure.svg)

Sebuah sel memori flash.

Prinsip-prinsip operasi [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D2&usg=ALkJrhiqqunlRwiap-1zVdxQW7A8PrUZhA) ]

Flash memory menyimpan informasi dalam array sel memori yang terbuat dari [floating-gerbang transistor](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Floating-gate_transistor&usg=ALkJrhhaPtAXO0ffz5R3rlGxNVbjdSZUmQ) . Dalam [single-level cell](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Single-level_cell&usg=ALkJrhgf1QZQs68-DWN8RCIAumh2Q4hZpA)perangkat (SLC), masing-masing toko sel hanya satu bit informasi. Dalam [multi-level cell](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-level_cell&usg=ALkJrhiDsVliyzf-aYDoZcvzkIGq2HiC1A) (MLC) perangkat, termasuk [sel triple-tingkat](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Triple-level_cell&usg=ALkJrhjuwPBG2217PQdtcqanHtKq2HrPJQ)(TLC) perangkat, dapat menyimpan lebih dari satu bit per sel.

Gerbang mengambang mungkin konduktif (biasanya [polysilicon](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Polycrystalline_silicon&usg=ALkJrhgQoQOG7ef79retZVlanhmWS1jOpA) di sebagian besar jenis memori flash) atau non-konduktif (seperti dalam[SONOS](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/SONOS&usg=ALkJrhgMoYI8UFIk6Rs9YqY82wvhjHtwsw) flash memory). [[12]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-12)

**Floating-gate transistor**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D3&usg=ALkJrhgMDmYjeVmItMIoX0aZkqZ-7taz9A) ]

*Artikel utama:*[*Floating-gate MOSFET*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Floating-gate_MOSFET&usg=ALkJrhggpUu2N9TDOQosKtl0JuiclzpE3A)

Dalam memori flash, setiap sel memori menyerupai standar [MOSFET](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/MOSFET&usg=ALkJrhhKINsADTZFOWEYagP65R2GUkbpMg) , kecuali bahwa transistor memiliki dua gerbang, bukan satu. Di atas adalah gerbang kontrol (CG), seperti pada transistor lainnya MOS, tetapi di bawah ini ada mengambang gerbang (FG) terisolasi di sekitar dengan lapisan oksida. FG adalah sela antara CG dan saluran MOSFET.Karena FG yang elektrik terisolasi oleh lapisan isolasi yang, elektron diletakkan di situ terjebak sampai mereka dihapus oleh aplikasi lain dari medan listrik (misalnya tegangan Terapan atau UV seperti dalam EPROM). Counter-intuitif, menempatkan elektron dari FG menetapkan transistor ke logika "0" negara. Setelah FG terisi, elektron di dalamnya[layar](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_field_screening&usg=ALkJrhjcWJ5D9fyFWU7IaD4r4E6lKyjA2A) (sebagian membatalkan) yang [medan listrik](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_field&usg=ALkJrhjedvSZwwaKTrKUUgDgKyACYDCkrA) dari CG, dengan demikian, meningkatkan [ambang tegangan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Threshold_voltage&usg=ALkJrhhAQRleM4G9aZ9Te71R0CsiGu9Rsw) (V T1) dari sel. Ini berarti bahwa sekarang tegangan tinggi (V T2)harus diterapkan pada CG untuk membuat saluran konduktif. Dalam rangka untuk membaca nilai dari transistor, tegangan menengah antara tegangan threshold (V T1 & V T2)diterapkan pada CG. Jika saluran melakukan pada tegangan menengah ini, FG harus bermuatan (jika didakwa, kita tidak akan mendapatkan konduksi karena tegangan menengah kurang dari V T2), dan karenanya, logis "1" disimpan di pintu gerbang. Jika saluran tidak melakukan pada tegangan menengah, ini menunjukkan bahwa FG terisi, dan karenanya, logis "0" disimpan di pintu gerbang. Kehadiran logis "0" atau "1" dirasakan dengan menentukan apakah ada arus yang mengalir melalui transistor ketika tegangan menengah ditegaskan pada CG. Dalam perangkat multi-level cell, yang menyimpan lebih dari satu [bit](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Bit&usg=ALkJrhgKQxw8qZdoLMWd9pRX7Pn9xON5TQ) per sel, jumlah aliran arus merasakan (bukan hanya kehadirannya atau tidak adanya), untuk menentukan lebih tepatnya tingkat muatan pada FG.

**Biaya internal pompa**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D4&usg=ALkJrhhpImqVRiefz6_RrIwjOsOeV3yChg) ]

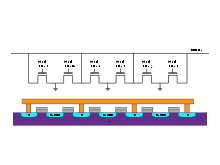
Meskipun kebutuhan untuk pemrograman tinggi dan menghapus tegangan, hampir semua flash chip saat ini membutuhkan hanya tegangan catu daya tunggal, dan menghasilkan tegangan tinggi menggunakan on-chip [biaya pompa](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Charge_pump&usg=ALkJrhjCShlzqTvluyIOepGOKF51MoomuQ) .

Lebih dari setengah energi yang digunakan oleh chip flash 1,8 V NAND hilang di pompa biaya sendiri. Sejak [konverter meningkatkan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter&usg=ALkJrhjmsVa551SHXjgLOVmQ-1TjhcfC7w) secara inheren lebih efisien daripada pompa muatan, peneliti mengembangkan [daya rendah](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Low-power_electronics&usg=ALkJrhgvYloPNStnh_eVlZU5mO9PNUbf1g) SSD telah mengusulkan kembali ke ganda pasokan tegangan Vcc / Vpp digunakan pada semua flash chip awal, mengemudi tegangan Vpp tinggi untuk semua chip flash dalam SSD dengan tunggal bersama eksternal boost converter. [[13]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-13) [[14]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-14) [[15]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-15) [[16]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-16) [[17]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-17) [[18]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-18) [[19]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-19) [[20]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-20)

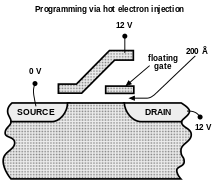
Di pesawat ruang angkasa dan lingkungan radiasi tinggi lainnya, on-chip biaya pompa adalah bagian pertama dari flash chip untuk gagal, meskipun flash kenangan akan terus bekerja-dalam read-only mode di banyak tingkat radiasi yang lebih tinggi. [[21]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-21)

**NOR Flash**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D5&usg=ALkJrhi3TpBlUJiHpScTDP5hnGFdS56RcA) ]

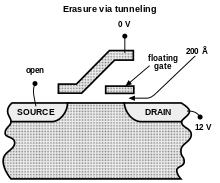
Dalam NOR flash, setiap sel memiliki satu ujung terhubung langsung ke tanah, dan ujung lainnya terhubung langsung ke saluran bit. Susunan ini disebut "NOR flash" karena bertindak seperti gerbang NOR: ketika salah satu baris kata (terhubung ke sel CG) dibawa tinggi, transistor penyimpanan yang sesuai bertindak untuk menarik output bit garis rendah. NOR Flash terus menjadi teknologi pilihan untuk aplikasi embedded yang membutuhkan perangkat memori non-volatile diskrit. Membaca rendah latency karakteristik NOR perangkat memungkinkan untuk kedua langsung eksekusi kode dan data storage dalam produk memori tunggal. [[22]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-22)

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:NOR_flash_layout.svg)

NOR kabel memori flash dan struktur pada silikon

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flash-Programming.svg)

Pemrograman NOR sel memori (pengaturan ke logis 0), melalui injeksi hot-elektron.

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Flash_erase.svg)

Menghapus NOR sel memori (pengaturan ke logika 1), melalui terowongan kuantum.

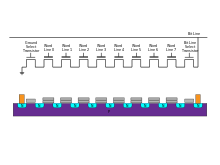
**Pemrograman**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D6&usg=ALkJrhhk2dBDud0XYacCjAT6MiGKNpNxOw) ]

Sebuah single-level NOR sel flash dalam keadaan default adalah logis setara dengan nilai biner "1", karena arus akan mengalir melalui saluran bawah penerapan tegangan sesuai dengan gerbang kontrol, sehingga tegangan bitline ditarik ke bawah. Sebuah NOR sel flash dapat diprogram, atau diatur ke nilai biner "0", dengan prosedur sebagai berikut:

* sebuah ditinggikan di-tegangan (biasanya> 5 V) yang diterapkan pada CG
* saluran sekarang diaktifkan, sehingga elektron dapat mengalir dari sumber ke drain (dengan asumsi transistor NMOS)
* sumber-drain saat ini cukup tinggi untuk menyebabkan beberapa elektron energi tinggi untuk melompat melalui lapisan isolasi ke FG, melalui proses yang disebut [injeksi hot-elektron](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hot_carrier_injection&usg=ALkJrhhtcmKIwPCrS6KzE0kBXp80mBpPpg) .

**Menghapus**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D7&usg=ALkJrhgHXAC9xpStBMgQweB_YGxdu1Ue-A) ]

Untuk menghapus NOR Flash sel (ulang ke "1" negara), tegangan *besar polaritas berlawanan* diterapkan antara CG dan terminal sumber, menarik elektron dari FG melalui [terowongan kuantum](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_tunneling&usg=ALkJrhhuwB23f-Gr6WIPWcOXQk7NmhAvIw) . chip memori modern NOR flash dibagi menjadi segmen menghapus (sering disebut blok atau sektor). Operasi menghapus dapat dilakukan hanya atas dasar blok-bijaksana; semua sel dalam segmen menghapus harus dihapus bersama-sama. Pemrograman sel NOR, bagaimanapun, umumnya dapat dilakukan satu byte atau kata pada suatu waktu.

[](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nand_flash_structure.svg)

NAND kabel memori flash dan struktur pada silikon

**Flash NAND**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D8&usg=ALkJrhhQSc5qsutOKiwmc-2h1CFZMYqsIg) ]

NAND Flash juga menggunakan [floating-gerbang transistor](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_Gate_MOSFET&usg=ALkJrhhGIfhN6I4tl73Cm9gx7oUPrpAAIg) , tetapi mereka terhubung dengan cara yang menyerupai [gerbang NAND](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/NAND_gate&usg=ALkJrhjAcAj59vouM4pgqaA8iDSPmTSGjw) : beberapa transistor yang terhubung dalam seri, dan garis bit ditarik rendah hanya jika semua baris kata yang ditarik tinggi (di atas transistor ' V T). Kelompok-kelompok ini kemudian terhubung melalui beberapa transistor tambahan untuk NOR-gaya array sedikit garis dengan cara yang sama yang satu transistor terhubung dalam NOR flash.

Dibandingkan dengan NOR flash, menggantikan satu transistor dengan kelompok serial-linked menambah tingkat ekstra menangani.Sedangkan NOR Flash mungkin mengatasi memori dengan halaman maka kata, flash NAND mungkin mengatasi dengan halaman, kata dan bit. Bit alamat tingkat setelan aplikasi bit-serial (seperti emulasi hard disk), yang mengakses hanya satu bit pada satu waktu.Mengeksekusi-di-tempat aplikasi, di sisi lain, memerlukan setiap bit dalam satu kata untuk diakses secara bersamaan. Ini membutuhkan kata-level pengalamatan. Dalam kasus apapun, kedua mode bit dan kata pengalamatan yang mungkin dengan baik NOR atau NAND flash.

Untuk membaca data, pertama kelompok yang diinginkan dipilih (dalam cara yang sama bahwa transistor tunggal dipilih dari array NOR). Selanjutnya, sebagian besar jalur kata yang menarik di atas T V dari sedikit diprogram, sementara salah satu dari mereka ditarik ke lebih dari V T dari bit terhapus. Kelompok seri akan melakukan (dan tarik sedikit garis rendah) jika bit yang dipilih belum diprogram.

Meskipun transistor tambahan, pengurangan kabel ground dan garis sedikit memungkinkan tata letak yang lebih padat dan kapasitas penyimpanan yang lebih besar per chip.(The kabel ground dan garis bit sebenarnya jauh lebih luas daripada garis di diagram.) Selain itu, flash NAND biasanya diizinkan mengandung sejumlah kesalahan (NOR flash, seperti yang digunakan untuk [BIOS](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/BIOS&usg=ALkJrhgarcS248yWXibuDShrbQbdAqnzQQ) ROM, diharapkan akan kesalahan-gratis). Produsen mencoba untuk memaksimalkan jumlah penyimpanan yang dapat digunakan oleh menyusut ukuran transistor.

**Menulis dan menghapus**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D9&usg=ALkJrhgSibhNi3AjDdH95TfOV-o5W2fa8w) ]

Flash NAND menggunakan [terowongan injeksi](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Tunnel_injection&usg=ALkJrhgEM1RxzDkLXL335kFxfJy4dCn34w) untuk menulis dan [terowongan rilis](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Tunnel_release&usg=ALkJrhjgmrwYPYRsq7vKIPiuN2RbaeRcQw) untuk menghapus. NAND flash memory merupakan inti dari removable [USB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus&usg=ALkJrhiJJF_k_9VpyXZQHrNJbT638gNfVA) perangkat penyimpanan dikenal sebagai [USB flash drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/USB_flash_drive&usg=ALkJrhh9LysXKXGt_jObr5O7mnrT-RmA9Q) , serta sebagian besar [kartu memori](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_card&usg=ALkJrhjh0dKae-DaLiHWS62AeTQPVq3Q8g) format dan [solid-state drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive&usg=ALkJrhiK5ZkeQL-bDGqXlLdOQTJg9HTsBQ) yang tersedia saat ini.

**Vertikal NAND**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D10&usg=ALkJrhjTmO_eAx7La4ShTv11QdrRrLJD_w) ]

Vertikal NAND (V-NAND) memori tumpukan sel-sel memori secara vertikal dan menggunakan [lampu kilat biaya perangkap](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Charge_trap_flash&usg=ALkJrhijKDGCT5hxuTveaSsO1eK-mZG9VA) arsitektur. Lapisan vertikal memungkinkan kerapatan sedikit areal yang lebih besar tanpa memerlukan sel-sel individual yang lebih kecil. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

**Struktur**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D11&usg=ALkJrhheyVhGLLnIvPN9rK9--wYyTeGavw) ]

V-NAND menggunakan [biaya perangkap Flash](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Charge_trap_flash&usg=ALkJrhijKDGCT5hxuTveaSsO1eK-mZG9VA) geometri (dirintis pada tahun 2002 oleh AMD) [[*rujukan?*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed&usg=ALkJrhikySa3uKBd0Rd0BY2NC3XvkPggAQ)] Yang menyimpan muatan tertanam silikon nitrida Film. Film tersebut adalah lebih kuat terhadap cacat titik dan dapat dibuat lebih tebal untuk menahan sejumlah besar elektron. V-NAND membungkus sel perangkap biaya planar menjadi bentuk silinder. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

Sel memori individual terdiri dari satu planar lapisan polysilicon mengandung lubang diisi oleh beberapa silinder vertikal konsentris. Permukaan polysilicon lubang ini bertindak sebagai gerbang elektroda. Terluar silinder silikon dioksida bertindak sebagai gerbang dielektrik, melampirkan silikon nitrida silinder yang menyimpan muatan, pada gilirannya melampirkan silinder silikon dioksida sebagai dielektrik terowongan yang mengelilingi batang tengah melakukan polysilicon yang bertindak sebagai saluran melakukan. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

sel memori di lapisan vertikal yang berbeda tidak saling mengganggu, karena biaya tidak dapat bergerak secara vertikal melalui media penyimpanan silikon nitrida, dan medan listrik yang terkait dengan gerbang erat dibatasi dalam setiap lapisan. Koleksi vertikal elektrik identik dengan kelompok serial-linked di mana memori flash NAND konvensional dikonfigurasi. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

**Konstruksi**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D12&usg=ALkJrhiNuiXBUrKLmUknYxwE2QX4kBttrg) ]

Pertumbuhan sekelompok sel V-NAND dimulai dengan tumpukan bolak melakukan (doped) lapisan polysilicon dan isolasi lapisan silikon dioksida. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

Langkah berikutnya adalah untuk membentuk lubang silinder melalui lapisan ini. Dalam prakteknya, 128 [Gibit](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Gibit&usg=ALkJrhju5yPkkwKt6llbsk4S9x271GDf9w) V-NAND chip dengan 24 lapisan sel memori membutuhkan sekitar 2,9 miliar lubang tersebut. Berikutnya permukaan bagian lubang ini menerima beberapa pelapis, silikon dioksida pertama, kemudian silikon nitrida, maka lapisan kedua dari silikon dioksida. Akhirnya, lubang diisi dengan melakukan (doped) polysilicon. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

**Kinerja**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D13&usg=ALkJrhh9pUO6kf7AtKAgwpXJ_S3wC_j6dQ) ]

Pada 2013, V-flash NAND arsitektur memungkinkan membaca dan menulis operasi dua kali lebih cepat NAND konvensional dan dapat bertahan hingga 10 kali lebih lama, sementara mengkonsumsi daya 50 persen lebih sedikit. Mereka menawarkan kepadatan bit fisik yang sebanding menggunakan litografi 10-nm, tetapi mungkin dapat meningkatkan kepadatan bit hingga dua kali lipat. [[23]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-vnand-23)

Keterbatasan [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D14&usg=ALkJrhg90MYkJa0hs5RmjI9FU8VAMydhZw) ]

**Blok penghapusan**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D15&usg=ALkJrhg4EW4KJAx3Gxaa9Ue3ySzz83kYcg) ]

Salah satu keterbatasan memori flash adalah bahwa, meskipun dapat membaca atau diprogram byte atau kata pada suatu waktu dalam mode akses acak, dapat terhapus hanya satu blok pada suatu waktu. Ini umumnya menetapkan semua bit di blok 1. Dimulai dengan blok baru terhapus, setiap lokasi dalam blok yang dapat diprogram. Namun, setelah sedikit telah diatur ke 0, hanya dengan menghapus seluruh blok itu dapat diubah kembali ke 1. Dengan kata lain, memori flash (khusus NOR flash) menawarkan random-access membaca dan operasi pemrograman, tetapi tidak menawarkan sewenang-wenang random-access rewrite atau operasi menghapus. Lokasi bisa, bagaimanapun, harus ditulis ulang selama nilai baru 0 bit adalah superset dari nilai-nilai di atas ditulis. Misalnya, [menggigit](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Nibble&usg=ALkJrhitrE14DGivnZKEJmjxsJU2FHonmw) nilai dapat terhapus ke 1111, maka ditulis sebagai 1110. menulis berturut-turut untuk menggigit yang bisa mengubahnya ke 1010, kemudian 0010, dan akhirnya 0000. Pada dasarnya, penghapusan set semua bit ke 1, dan pemrograman dapat bit hanya jelas 0. file sistem yang dirancang untuk perangkat flash dapat memanfaatkan kemampuan ini, misalnya, untuk mewakili metadata sektor.

Meskipun struktur data dalam memori flash tidak dapat diperbarui dalam cara yang sangat umum, ini memungkinkan anggota untuk "dihapus" dengan menandai mereka sebagai tidak valid. Teknik ini mungkin perlu dimodifikasi untuk [multi-level cell](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-level_cell&usg=ALkJrhiDsVliyzf-aYDoZcvzkIGq2HiC1A) perangkat, di mana satu sel memori memegang lebih dari satu bit.

Perangkat flash umum seperti [USB flash drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/USB_flash_drive&usg=ALkJrhh9LysXKXGt_jObr5O7mnrT-RmA9Q) dan kartu memori hanya menyediakan antarmuka blok-tingkat, atau lapisan terjemahan kilat (FTL), yang menulis ke sel yang berbeda setiap kali memakai tingkat perangkat. Hal ini untuk mencegah menulis tambahan dalam blok; Namun, itu tidak membantu perangkat dari yang prematur dikenakan oleh pola menulis intensif.

**Memori memakai**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D16&usg=ALkJrhiRJ9M9UOVaKqcYw0t6gPJRY1gC0w) ]

Keterbatasan lain adalah bahwa memori flash memiliki jumlah terbatas siklus program menghapus (biasanya ditulis sebagai siklus P / E). Sebagian besar produk flash yang tersedia secara komersial dijamin untuk menahan sekitar 100.000 siklus P / E sebelum memakai mulai memburuk integritas penyimpanan. [[24]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-24) [Micron Technology](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Micron_Technology&usg=ALkJrhgKfD6-acfesolEsv5slZIwmgtW5w) dan [Sun Microsystems](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Sun_Microsystems&usg=ALkJrhh4cqg-H2HR8yFx8MDti8pBLdMaDQ) mengumumkan SLC NAND chip memori Flash dinilai untuk siklus 1.000.000 P / E pada 17 Desember 2008. [[25]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-25)

Menghitung siklus dijamin mungkin hanya berlaku untuk memblokir nol (seperti halnya dengan [TSOP](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Thin_small-outline_package&usg=ALkJrhi2ogcIj1YwT6ETl-_TAYMsHYq7mw) perangkat NAND), atau untuk semua blok (seperti dalam NOR). Efek ini diatasi dalam beberapa driver firmware keping atau sistem file dengan menghitung menulis dan dinamis remapping blok untuk menyebarkan Operasi tulis antara sektor; Teknik ini disebut [keawetan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wear_leveling&usg=ALkJrhjHuODhUgniu7NtrUzBJeeOuGWaPg) . Pendekatan lain adalah untuk melakukan verifikasi menulis dan pemetaan ulang untuk cadangan sektor dalam hal menulis kegagalan, teknik yang disebut[blok buruk](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Bad_sector&usg=ALkJrhidbz6q8yBX7pEv6kSmPW-eY6P6zg) manajemen (BBM). Untuk perangkat konsumen portabel, teknik manajemen wearout ini biasanya memperpanjang umur memori flash melampaui kehidupan dari perangkat itu sendiri, dan beberapa kehilangan data dapat diterima dalam aplikasi ini. Untuk penyimpanan data keandalan yang tinggi, bagaimanapun, tidak dianjurkan untuk menggunakan memori flash yang akan harus melalui sejumlah besar siklus pemrograman. Keterbatasan ini berarti untuk 'read-only' aplikasi seperti [thin client](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Thin_clients&usg=ALkJrhiUBczdl1J5ETeN_6wO9y8XFxNRoQ) dan [router](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Router_(computing)&usg=ALkJrhglpFi_PEHf4WgNmmSkAOB9wjLJsw) , yang diprogram hanya sekali atau paling beberapa kali selama hidup mereka.

Pada bulan Desember 2012, insinyur Taiwan dari Macronix mengungkapkan niat mereka untuk mengumumkan di International Electron Devices Meeting 2012 IEEE yang telah menemukan cara untuk meningkatkan flash NAND penyimpanan baca siklus / write dari 10.000 sampai 100 juta siklus menggunakan "self-healing" proses yang menggunakan flash chip dengan "pemanas onboard yang bisa anil kelompok-kelompok kecil dari sel memori." [[26]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-26) anil termal built-in menggantikan menghapus siklus biasa dengan proses suhu tinggi lokal yang tidak hanya menghapus muatan yang tersimpan, tetapi juga perbaikan stres elektron diinduksi dalam chip, memberikan siklus tulis minimal 100 juta. [[27]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-27) hasilnya adalah sebuah chip yang bisa dihapus dan ditulis ulang berulang, bahkan ketika itu secara teoritis memecah. Sebagai menjanjikan sebagai terobosan Macronix ini bisa untuk industri mobile, namun, tidak ada rencana untuk produk komersial yang akan dirilis setiap saat dalam waktu dekat. [[28]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-yahoo1-28)

**Baca mengganggu**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D17&usg=ALkJrhhELLYiH9TQn89BA4Il9biLZ6eLvQ) ]

Metode yang digunakan untuk membaca memori flash NAND dapat menyebabkan sel-sel di dekatnya di blok memori yang sama untuk berubah seiring waktu (menjadi diprogram). Hal ini dikenal sebagai baca mengganggu. Jumlah ambang berbunyi umumnya dalam ratusan ribu berbunyi antara intervensi operasi menghapus. Jika membaca terus dari satu sel, sel yang tidak akan gagal melainkan salah satu sel di sekitarnya pada membaca berikutnya. Untuk menghindari masalah membaca mengganggu flash kontroler biasanya akan menghitung jumlah total membaca untuk blok sejak terakhir menghapus. Ketika hitungan melebihi batas target, blok terpengaruh disalin ke blok baru, terhapus, kemudian dilepaskan ke blok kolam renang. Blok asli adalah seperti baru setelah menghapus itu. Jika flash controller tidak campur tangan dalam waktu, namun, kesalahan **mengganggu membaca** akan terjadi dengan kemungkinan kehilangan data jika kesalahan terlalu banyak untuk memperbaiki dengan [kode error-correcting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Error-correcting_code&usg=ALkJrhhkq6nLL9ZDaQW5LvRlr0Bpgs4VRg) . [[29]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-29) [[30]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-NEA-30)

**Efek X-ray**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D18&usg=ALkJrhhJiDjo9S94pT_g0e-S62lmmyFCzg) ]

Kebanyakan IC Flash datang dalam [ball grid array](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Ball_grid_array&usg=ALkJrhjwGTtqkWclYqg4IHckUjAl8yplfA) paket (BGA), dan bahkan orang-orang yang tidak sering dipasang pada PCB sebelah paket BGA lainnya. Setelah [PCB Majelis](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/PCB_Assembly&usg=ALkJrhjpA7-UN12pCV8xVHv5aJ1Xf5_0fQ), papan dengan paket BGA sering dirontgen untuk melihat apakah bola yang membuat koneksi yang tepat untuk pad yang tepat, atau jika kebutuhan BGA [ulang](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Rework_(electronics)&usg=ALkJrhhHv8oEja61XKYgucXjlxnUzTFFAw) . Sinar-X ini dapat menghapus bit diprogram dalam flash chip (mengkonversi diprogram "0" bit menjadi terhapus "1" bit). Bit terhapus ( "1" bit) tidak terpengaruh oleh sinar-X. [[31]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-31) [[32]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-32)

Beberapa produsen sekarang membuat X-ray bukti SD [[33]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-33) dan USB [[34]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-34) perangkat memori.

Akses tingkat rendah [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D19&usg=ALkJrhgvOsMH6eK4StmqhTV8GLXBD7YMqw) ]

Antarmuka tingkat rendah ke flash chip memori berbeda dari orang-orang dari jenis memori lainnya seperti [DRAM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_random_access_memory&usg=ALkJrhg60c2UV9De7sfkUm1vrnI8h2a5ow) , [ROM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory&usg=ALkJrhiXLbBnwjWYH3uqaqBqvCoiZyfegQ) , dan [EEPROM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/EEPROM&usg=ALkJrhg7r7f5Wv888Vocc6ZdseZbQ11uzw) , yang mendukung bit-alterability (baik nol ke satu dan satu ke nol) dan [akses acak](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Random_access&usg=ALkJrhjpSQe0VQg5-8TqXAyOJhfNo3_UIQ) melalui eksternal dapat diakses [bus alamat](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Address_bus&usg=ALkJrhi7z7BHURSWKenxjDOwD5rbIZYS1w) .

NOR memori memiliki bus alamat eksternal untuk membaca dan pemrograman. Untuk NOR memori, membaca dan pemrograman yang random-access, dan unlocking dan Menghapus adalah blok-bijaksana. Untuk memori NAND, membaca dan pemrograman halaman-bijaksana, dan unlocking dan Menghapus adalah blok-bijaksana.

**NOR kenangan**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D20&usg=ALkJrhhN3JX9lOwtN2Sxu4jWzaj4fCtTqw) ]

Membaca dari NOR flash mirip dengan membaca dari random-access memory, memberikan alamat dan data bus dipetakan dengan benar. Karena itu, sebagian besar mikroprosesor dapat menggunakan memori flash NOR sebagai [mengeksekusi di tempat](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Execute_in_place&usg=ALkJrhhPgOxi8w8gD89dKiMVcOn_6koIbA) (XIP) memori, yang berarti bahwa program yang tersimpan di NOR flash dapat dieksekusi langsung dari NOR flash tanpa perlu disalin ke RAM pertama. NOR Flash dapat diprogram secara random-akses yang mirip dengan membaca. Pemrograman perubahan bit dari satu logis untuk nol. Bit yang sudah nol yang tersisa tidak berubah. Penghapusan harus terjadi blok pada satu waktu, dan me-reset semua bit di blok terhapus kembali ke satu. Ukuran blok khas adalah 64, 128, atau 256 [KiB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/KiB&usg=ALkJrhhoKf_Iul-dlKmFWttykz3KhCin8w) .

manajemen blok buruk adalah fitur yang relatif baru di NOR chip. Dalam NOR perangkat yang lebih tua tidak mendukung manajemen blok buruk, perangkat lunak atau [driver perangkat](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Device_driver&usg=ALkJrhivEK6kYJGNRXC2MFAmKqJ42wOqeg) mengendalikan chip memori harus mengoreksi blok yang aus, atau perangkat akan berhenti bekerja andal.

perintah khusus yang digunakan untuk mengunci, membuka, program, atau menghapus NOR kenangan berbeda untuk masing-masing produsen. Untuk menghindari perlu software driver yang unik untuk setiap perangkat yang dibuat, khusus [umum Flash Memory Antarmuka](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Common_Flash_Memory_Interface&usg=ALkJrhhI9t8AipURDtEw0Qb3WPPAvYVUKQ) (CFI) perintah memungkinkan perangkat untuk mengidentifikasi sendiri dan parameter operasi kritis.

Selain dimanfaatkan sebagai random-access ROM, NOR Flash juga dapat digunakan sebagai perangkat penyimpanan, dengan mengambil keuntungan dari pemrograman random-access. Beberapa perangkat menawarkan fungsionalitas baca-sementara-menulis sehingga kode yang terus mengeksekusi bahkan ketika sebuah program atau menghapus operasi terjadi di latar belakang. Untuk data sekuensial menulis, NOR flash chip biasanya memiliki kecepatan menulis lambat, dibandingkan dengan NAND flash.

Khas NOR Flash tidak memerlukan [kode mengoreksi kesalahan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Error_correcting_code&usg=ALkJrhjXjXKapn5Q5rN1fP9A2LOZnloGjg) . [[35]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-types_of_ecc-35)

**NAND kenangan**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D21&usg=ALkJrhh4ucH3fG3rxdiLaa5ALY79BoNSpA) ]

Flash arsitektur NAND diperkenalkan oleh Toshiba pada tahun 1989. [[36]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-36) kenangan ini diakses seperti [perangkat blok](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Block_size_(data_storage_and_transmission)&usg=ALkJrhjaUBMxm1rn11igVvKqKxqglIOZVA) , seperti hard disk. Setiap blok terdiri dari sejumlah halaman. Halaman biasanya 512 [[37]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-ieee_cf-37) atau 2.048 atau 4.096 byte dalam ukuran. Terkait dengan setiap halaman adalah beberapa byte (biasanya 1/32 dari ukuran data) yang dapat digunakan untuk penyimpanan dari [kode mengoreksi kesalahan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Error_correcting_code&usg=ALkJrhjXjXKapn5Q5rN1fP9A2LOZnloGjg) (ECC) [checksum](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Checksum&usg=ALkJrhgyUJ4dUwjC2EzWuz9Ob4FnsgVe1w) .

ukuran blok khas meliputi:

* 32 halaman dari 512 + 16 byte masing-masing untuk ukuran blok 16 [kB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Kibibyte&usg=ALkJrhhNTOUlnfO-nI9utFXqRh5IIrxplg)
* 64 halaman 2048 + 64 byte masing-masing untuk ukuran blok 128 kB [[38]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-38)
* 64 halaman 4.096 + 128 byte masing-masing untuk ukuran blok 256 kB [[39]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-39)
* 128 halaman 4.096 + 128 byte masing-masing untuk ukuran blok 512 kB.

Sementara membaca dan pemrograman dilakukan secara halaman, penghapusan hanya dapat dilakukan atas dasar blok. [[40]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-L_Smith-40)

Perangkat NAND juga memerlukan manajemen blok buruk dengan software driver perangkat, atau terpisah [kontroler](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory_controller&usg=ALkJrhijD-lymvNklsTnrkjAiXSbODxYJw) Chip. Kartu SD, misalnya, termasuk pengontrol sirkuit untuk melakukan pengelolaan blok buruk dan [mengenakan leveling](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wear_leveling&usg=ALkJrhjHuODhUgniu7NtrUzBJeeOuGWaPg) . Ketika sebuah blok logis diakses oleh perangkat lunak tingkat tinggi, itu dipetakan ke blok fisik oleh driver perangkat atau controller. Sejumlah blok pada chip flash mungkin disisihkan untuk menyimpan tabel pemetaan untuk menangani blok buruk, atau sistem mungkin hanya memeriksa setiap blok di power-up untuk membuat peta blok buruk di RAM. Kapasitas memori secara keseluruhan secara bertahap menyusut karena lebih banyak blok ditandai sebagai buruk.

NAND bergantung pada ECC untuk mengkompensasi bit yang mungkin secara spontan gagal selama operasi perangkat normal. Sebuah ECC khas akan memperbaiki kesalahan satu-bit di setiap 2048 bit (256 byte) menggunakan 22 bit ECC, atau kesalahan satu-bit di setiap 4096 bit (512 byte) menggunakan 24 bit ECC. [[41]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-samsung_ecc-41) Jika ECC tidak dapat memperbaiki kesalahan selama membaca, mungkin masih mendeteksi kesalahan. Ketika melakukan menghapus atau program operasi, perangkat dapat mendeteksi blok yang gagal untuk program atau menghapus dan menandai mereka buruk. Data tersebut kemudian ditulis ke yang berbeda, blok yang baik, dan peta blok buruk diperbarui.

[Hamming kode](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_code&usg=ALkJrhj4sMVrW3LfBLgf0DdsLJRXqZ9ExQ) yang ECC yang paling umum digunakan untuk SLC NAND flash. [Kode Reed-Solomon](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Reed%25E2%2580%2593Solomon_error_correction&usg=ALkJrhhi6DTYyrK0x-0S4rc7Nq9oCcbZfg) kode dan Bose-Chaudhuri-Hocquenghem biasanya digunakan ECC untuk MLC NAND flash. Beberapa flash chip MLC NAND internal menghasilkan BCH kode koreksi kesalahan yang tepat. [[35]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-types_of_ecc-35)

Kebanyakan perangkat NAND dikapalkan dari pabrik dengan beberapa blok buruk. Ini biasanya ditandai sesuai dengan menandai strategi ditentukan blok buruk. Dengan membiarkan beberapa blok buruk, produsen mencapai hasil yang jauh lebih tinggi daripada yang mungkin jika semua blok harus diverifikasi baik. Hal ini secara signifikan mengurangi biaya NAND flash dan hanya sedikit mengurangi kapasitas penyimpanan bagian.

Ketika menjalankan perangkat lunak dari kenangan NAND, [memori virtual](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_memory&usg=ALkJrhjfVwKHEP6KKJkL6Ik0R0efHORBwg) strategi yang sering digunakan: isi memori pertama harus [paged](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Paging&usg=ALkJrhhluAJE60SIpDvEKEhFNn1kTamhlA) atau disalin ke RAM memori-dipetakan dan dieksekusi di sana (yang mengarah ke kombinasi umum NAND + RAM). Sebuah [unit manajemen memori](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_management_unit&usg=ALkJrhiRX0KrrGehjoxc1Fv60qPcxyyqcQ) (MMU) dalam sistem membantu, tetapi ini juga dapat dicapai dengan [overlay](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Overlay_(programming)&usg=ALkJrhgL3Po17Q9Cc94XJRtcYRdllIrb9w) . Untuk alasan ini, beberapa sistem akan menggunakan kombinasi NOR dan kenangan NAND, di mana lebih kecil NOR memori digunakan sebagai software ROM dan memori NAND yang lebih besar dipartisi dengan file system untuk digunakan sebagai tempat penyimpanan data non-volatile.

NAND mengorbankan random-access dan melaksanakan-di-tempat keuntungan dari NOR. NAND paling cocok untuk sistem yang membutuhkan penyimpanan data berkapasitas tinggi. Ia menawarkan kepadatan tinggi, kapasitas yang lebih besar, dan biaya yang lebih rendah. Memiliki menghapus lebih cepat, menulis sekuensial, dan dibaca berurutan.

**Standardisasi**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D22&usg=ALkJrhjghIRAugpmeYK529canmva12om0Q) ]

Sebuah kelompok yang disebut [NAND flash Kelompok Kerja Antarmuka Terbuka](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Open_NAND_Flash_Interface_Working_Group&usg=ALkJrhimWCzniyZbnkQ3UMDrwdefxu7X0A) (ONFI) telah mengembangkan antarmuka tingkat rendah standar untuk chip NAND flash. Hal ini memungkinkan interoperabilitas antara sesuai perangkat NAND dari vendor yang berbeda. The ONFI spesifikasi versi 1.0 [[42]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-42) dirilis pada 28 Desember 2006. Ini menentukan:

* antarmuka standar fisik ( [pinout](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Pinout&usg=ALkJrhjx_613Zr6ril2sKnj9UBURKvAV3A) ) untuk NAND flash dalam [TSOP](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Thin_small-outline_package&usg=ALkJrhi2ogcIj1YwT6ETl-_TAYMsHYq7mw) -48, WSOP-48, [LGA](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Land_grid_array&usg=ALkJrhhFpf7ftaPerk9-6Oml1W1-6tVjug) -52, dan [BGA](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Ball_grid_array&usg=ALkJrhjwGTtqkWclYqg4IHckUjAl8yplfA) -63 [paket](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/IC_package&usg=ALkJrhjeYCbi9RGxMGccim61hNphZL0z6w)
* perintah set standar untuk membaca, menulis, dan menghapus NAND flash chip
* mekanisme untuk identifikasi diri (sebanding dengan [deteksi kehadiran seri](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_presence_detect&usg=ALkJrhiWheReNzKC7KiBt8j6IXrCBOmQmg) fitur modul memori SDRAM)

Kelompok ONFI didukung oleh produsen utama NAND flash, termasuk [Hynix](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hynix&usg=ALkJrhjWLh0GCToudhBZbwHk4NbWq1nApQ) , [Intel](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Intel&usg=ALkJrhhvEk5PGvmPDuAxb2CzlHWqrDc-RA) , [Micron Technology](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Micron_Technology&usg=ALkJrhgKfD6-acfesolEsv5slZIwmgtW5w) , dan [Numonyx](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Numonyx&usg=ALkJrhgVciKkw--cdRp0U2tVUV7jJAeUIw) , serta oleh produsen utama perangkat menggabungkan chip NAND flash. [[43]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-43)

Dua utama produsen perangkat flash, [Toshiba](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Toshiba&usg=ALkJrhid76kyHGKhYJTD6l7-4b57r3CJjg) dan [Samsung](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung&usg=ALkJrhgkwddsVyoAqlWJ8TkVePetfLy95g) , telah memilih untuk menggunakan antarmuka desain mereka sendiri dikenal sebagai Beralih Mode (dan sekarang Beralih V2.0). Interface ini tidak [pin-to-pin yang kompatibel](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Pin_compatibility&usg=ALkJrhjYYtWp5WMKo8hxD1hMRrCQTmFyOA#Pin-to-pin_compatibility) dengan spesifikasi ONFI. Hasilnya adalah produk yang dirancang untuk perangkat satu vendor mungkin tidak dapat menggunakan perangkat vendor lain. [[44]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-44)

Sekelompok vendor, termasuk [Intel](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Intel&usg=ALkJrhhvEk5PGvmPDuAxb2CzlHWqrDc-RA) , [Dell](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Dell&usg=ALkJrhiq6ysZECPqO7A-qvUSjB26DKIo1A) , dan [Microsoft](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft&usg=ALkJrhgSlOciUJn6QYSmFv2qwCmmLSa0eA) , membentuk [Memory host Non-Volatile Controller Interface](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/NVM_Express&usg=ALkJrhhAqHqgPHZu25Xlx8UqEtkOjzpLmQ) (NVMHCI) Kelompok Kerja. [[45]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-45) Tujuan dari kelompok ini adalah untuk menyediakan perangkat lunak standar dan antarmuka pemrograman hardware untuk subsistem memori nonvolatile, termasuk "Flash cache" perangkat yang terhubung ke [PCI Express](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/PCI_Express&usg=ALkJrhiawubAXyEGoLg9u4-M339_sUMM8A) bus.

Perbedaan antara NOR dan NAND Flash [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D23&usg=ALkJrhjxbvm4QiOlr8hXrK8F6gykYLcQRQ)]

NOR dan NAND Flash berbeda dalam dua cara penting:

* koneksi dari sel-sel memori individu berbeda
* antarmuka yang disediakan untuk membaca dan menulis memori berbeda (NOR memungkinkan acak-akses untuk membaca, NAND memungkinkan akses hanya halaman)

Kedua dihubungkan dengan pilihan desain yang dibuat dalam pengembangan NAND flash. Tujuan pembangunan flash NAND adalah untuk mengurangi area chip yang dibutuhkan untuk melaksanakan kapasitas tertentu memori flash, dan dengan demikian mengurangi biaya per bit dan meningkatkan kapasitas maksimum Chip sehingga memori flash bisa bersaing dengan perangkat penyimpanan magnetik seperti hard disk. [[*Kutipan diperlukan*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed&usg=ALkJrhikySa3uKBd0Rd0BY2NC3XvkPggAQ)]

NOR dan NAND Flash mendapatkan nama mereka dari struktur interkoneksi antara sel-sel memori. [[46]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-toshibaguide-46) Dalam NOR flash, sel-sel yang terhubung secara paralel dengan garis bit, yang memungkinkan sel untuk dibaca dan diprogram secara individual. Koneksi paralel sel menyerupai sambungan paralel transistor dalam CMOS gerbang NOR. Dalam NAND flash, sel dihubungkan secara seri, menyerupai sebuah gerbang NAND. Koneksi seri mengkonsumsi lebih sedikit ruang dari yang paralel, mengurangi biaya NAND flash. Ini tidak, dengan sendirinya, mencegah sel-sel NAND dari yang dibaca dan diprogram secara individual.

Setiap NOR sel flash lebih besar dari sel NAND flash - 10 F 2 vs 4 F 2 - bahkan ketika menggunakan persis sama [pembuatan perangkat semikonduktor](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Semiconductor_device_fabrication&usg=ALkJrhik1lg1RVXuUQSdjE31h-7rzvrkVg) dan sehingga setiap transistor, kontak, dll adalah persis sama ukuran-karena NOR Flash sel memerlukan kontak terpisah logam untuk setiap sel. [[47]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-47)

Ketika NOR Flash dikembangkan, itu dibayangkan sebagai ROM lebih ekonomis dan nyaman ditulis ulang dari kontemporer [EPROM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/EPROM&usg=ALkJrhi5Z-WpDuRykng8r4UHwCPAXByFzQ) dan [EEPROM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/EEPROM&usg=ALkJrhg7r7f5Wv888Vocc6ZdseZbQ11uzw) kenangan. Jadi sirkuit random-access membaca diperlukan. Namun, diharapkan bahwa NOR Flash ROM akan dibaca lebih sering daripada ditulis, sehingga menulis sirkuit termasuk cukup lambat dan bisa menghapus hanya dalam mode blok-bijaksana. Di sisi lain, aplikasi yang menggunakan flash sebagai pengganti untuk disk drive tidak memerlukan alamat kata-tingkat menulis, yang hanya akan menambah kompleksitas dan biaya yang tidak perlu. [[*Rujukan?*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed&usg=ALkJrhikySa3uKBd0Rd0BY2NC3XvkPggAQ)]

Karena sambungan seri dan penghapusan kontak wordline, kotak besar sel memori flash NAND akan menempati mungkin hanya 60% dari luas wilayah setara NOR sel [[48]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-flash_overview-48)(dengan asumsi yang sama [CMOS](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/CMOS&usg=ALkJrhhSK7yruu741m4FoJ-QUuJ_FAmxqw) resolusi proses, misalnya, 130 [nm](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Nanometer&usg=ALkJrhinNgwYpa2bxt3SQkWkTUVllTgLhg) , 90 nm, atau 65 nm). Desainer flash NAND realisasi bahwa daerah chip NAND, dan dengan demikian biaya, bisa lebih dikurangi dengan menghapus eksternal alamat dan data bus sirkuit. Sebaliknya, perangkat eksternal bisa berkomunikasi dengan flash NAND melalui sequential-diakses perintah dan data register, yang secara internal akan mengambil dan output data yang diperlukan. Pilihan desain ini dibuat random-access memory flash NAND tidak mungkin, tetapi tujuan dari flash NAND adalah untuk menggantikan mekanik [hard disk](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk&usg=ALkJrhioM6PLa1Kk-eAEZfBUss18HqjnIQ) , bukan untuk menggantikan ROM.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Atribut** | **NAND** | **MAUPUN** |
| Aplikasi utama | penyimpanan file | eksekusi kode |
| Kapasitas penyimpanan | Tinggi | Rendah |
| Biaya per bit | Lebih baik |  |
| Daya aktif | Lebih baik |  |
| Daya siaga |  | Lebih baik |
| write Kecepatan | Baik |  |
| Baca Kecepatan |  | Baik |

**Ketahanan menulis**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D24&usg=ALkJrhjRdFn37M2qiZ2mJUm4QfU8TeCM9g)]

Daya tahan menulis dari SLC floating-gerbang NOR flash biasanya sama dengan atau lebih besar dari NAND flash, sedangkan MLC NOR dan NAND Flash memiliki kemampuan daya tahan yang sama. Contoh penilaian siklus daya tahan yang tercantum dalam lembar data untuk NAND dan NOR Flash disediakan. [[*Rujukan?*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed&usg=ALkJrhikySa3uKBd0Rd0BY2NC3XvkPggAQ)]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Jenis memori flash** | **Peringkat daya tahan (Menghapus per**[**blok**](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Block_(data_storage)&usg=ALkJrhivS5ig1KYvLu2Y9zPdAQAMwP30hg)**)** | **Contoh (s) dari memori flash** |
| SLC NAND | 100.000 | Samsung OneNAND KFW4G16Q2M |
| MLC NAND | 5.000 hingga 10.000 untuk aplikasi menengah kapasitas;  1.000 sampai 3.000 untuk aplikasi berkapasitas tinggi | Samsung K9G8G08U0M (Contoh untuk aplikasi menengah kapasitas) |
| TLC NAND | 1.000 | Samsung 840 |
| SLC (floating-gate) NOR | 100.000 sampai 1.000.000 | Numonyx M58BW (Ketahanan wisatawan dari 100.000 menghapus per blok); [Spansion](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Spansion&usg=ALkJrhhbCTXGWi5WCEamd6jYmJI7hSJ7Iw) S29CD016J (Peringkat Daya tahan dari 1.000.000 menghapus per blok) |
| MLC (floating-gate) NOR | 100.000 | Numonyx J3 Flash |

Namun, dengan menerapkan algoritma tertentu dan paradigma desain seperti [keawetan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wear_leveling&usg=ALkJrhjHuODhUgniu7NtrUzBJeeOuGWaPg) dan [memori over-provisioning](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Write_amplification&usg=ALkJrhgWsF5mcUhwfGlGHr3sRfyq2SxhuQ#Over-provisioning) , daya tahan sistem penyimpanan dapat disetel untuk melayani kebutuhan spesifik. [[2]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-flashnvm7-2)[[49]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-49)

Perhitungan daya tahan NAND flash memory adalah subjek menantang yang tergantung pada memori SLC / MLC / TLC jenis serta pola penggunaan. Untuk menghitung umur panjang flash NAND, satu harus memperhitungkan ukuran chip memori, jenis memori (misalnya SLC / MLC / TLC), dan menggunakan pola.

Sistem file flash [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D25&usg=ALkJrhjKn7I7_ZzX7DINdQKgdPNDw1UTxA)]

*Artikel utama:*[*sistem file flash*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_file_system&usg=ALkJrhgw57ZjzVwT2gKn_Gh9-JFgku2YHg)

Karena karakteristik tertentu dari memori flash, yang terbaik adalah digunakan dengan baik controller untuk melakukan keawetan dan koreksi kesalahan atau dirancang khusus sistem file flash, yang tersebar menulis di atas media dan berurusan dengan waktu menghapus panjang NOR blok flash. [[ 50]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-50) konsep dasar di balik sistem file flash adalah sebagai berikut: ketika toko nyala dapat diperbarui, sistem file akan menulis salinan baru dari data yang diubah ke blok segar, remap pointer file, kemudian menghapus blok tua nanti saat ada waktu.

Dalam prakteknya, sistem file flash yang digunakan hanya untuk [perangkat teknologi memori](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_technology_device&usg=ALkJrhhXwWr4SbE2bqDdXErzHeqfrIalUw) (MTDs), yang tertanam flash kenangan yang tidak memiliki controller. Removable flash [memory card](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Memory_card&usg=ALkJrhjh0dKae-DaLiHWS62AeTQPVq3Q8g) dan [USB flash drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/USB_flash_drive&usg=ALkJrhh9LysXKXGt_jObr5O7mnrT-RmA9Q) memiliki built-in controller untuk melakukan keawetan dan koreksi kesalahan sehingga penggunaan sistem file flash tertentu tidak menambahkan manfaat apapun.

Kapasitas [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D26&usg=ALkJrhhwpOWIin1HJO1XebbHExPpGhBvUg) ]

Beberapa chip sering yang merespon untuk mencapai kapasitas yang lebih tinggi [[51]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-51) untuk digunakan dalam perangkat elektronik konsumen seperti pemutar multimedia atau[GPSs](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/GPS&usg=ALkJrhg6mF3cn6b7_5uDLLaYzbR8_bPDiA) . Kapasitas flash chip umumnya mengikuti [Hukum Moore](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_Law&usg=ALkJrhhftGtMzZuWa6bDClMMPUQbSEXLCQ) karena mereka diproduksi dengan banyak sama [sirkuit terpadu](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuits&usg=ALkJrhhzfSuaOlJntVWVm-YvQ3sj6dfdkw) teknik dan peralatan.

Perangkat konsumen penyimpanan flash biasanya diiklankan dengan ukuran yang dapat digunakan dinyatakan sebagai kekuatan bilangan bulat kecil dua (2, 4, 8, dll) dan penunjukan megabyte (MB) atau gigabyte (GB); misalnya, 512 MB, 8 GB. Ini termasuk [SSD](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive&usg=ALkJrhiK5ZkeQL-bDGqXlLdOQTJg9HTsBQ) dipasarkan sebagai pengganti hard drive, sesuai dengan tradisional [hard drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_drive&usg=ALkJrhiNFpTs4zG0FDosC9GCkTz7Go550Q) , yang menggunakan [awalan desimal](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/SI_prefix&usg=ALkJrhhxW5pD30i14bwyscCwE8-4YYMe-Q) . [[52]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-52) Dengan demikian, SSD ditandai sebagai "64 [GB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Gigabyte&usg=ALkJrhh_1HwYhg_CW9irgKP0PGByEaYRPA) " setidaknya 64 × 1.000 3 byte (64 GB). Sebagian besar pengguna akan memiliki kapasitas yang sedikit kurang dari ini tersedia untuk file mereka, karena ruang yang diambil oleh metadata file system.

Chip memori flash di dalamnya yang berukuran dalam kelipatan biner yang ketat, tetapi total kapasitas sebenarnya dari chip tidak bisa digunakan pada antarmuka drive. Hal ini jauh lebih besar dari kapasitas diiklankan untuk memungkinkan untuk distribusi menulis ( [memakai leveling](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wear_leveling&usg=ALkJrhjHuODhUgniu7NtrUzBJeeOuGWaPg) ), untuk hemat, untuk [kode koreksi kesalahan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Error_correction_codes&usg=ALkJrhjYKVNrQCkIJrZH_9dlRfhVLu1lQA) , dan untuk lainnya[metadata](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Metadata&usg=ALkJrhiQgbNWF0HRCJ3XyPkFA-vvGZktGQ) yang dibutuhkan oleh firmware internal perangkat.

Pada tahun 2005, Toshiba dan [SanDisk](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/SanDisk&usg=ALkJrhh3_A9cKhARIkc0i601QbYNGMIcKA) mengembangkan NAND chip flash mampu menyimpan 1 GB data menggunakan [multi-level cell](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-level_cell&usg=ALkJrhiDsVliyzf-aYDoZcvzkIGq2HiC1A) (MLC) teknologi, mampu menyimpan dua bit data per sel. Pada bulan September 2005, [Samsung Electronics](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Electronics&usg=ALkJrhjA91EmsQBRrTj27xWramBhI8DNUQ) mengumumkan bahwa mereka telah mengembangkan pertama Chip 2 GB di dunia. [[53]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-53)

Pada bulan Maret 2006, Samsung mengumumkan flashdisk hard drive dengan kapasitas 4 GB, pada dasarnya urutan yang sama besarnya sebagai hard drive laptop yang lebih kecil, dan pada bulan September 2006, Samsung mengumumkan chip 8 GB diproduksi menggunakan proses manufaktur 40 nm. [[54]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-54) pada bulan Januari 2008, SanDisk mengumumkan ketersediaan mereka GB MicroSDHC 16 dan 32 GB kartu SDHC Plus. [[55]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-55)[[56]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-56)

Lebih baru flash drive (per 2012) memiliki kapasitas yang jauh lebih besar, memegang 64, 128, dan 256 GB. [[57]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-57)

Sebuah pembangunan bersama di Intel dan Micron akan memungkinkan produksi 32 lapisan 3,5 terabyte (TB) flash NAND tongkat dan 10 TB berukuran standar SSD.Perangkat ini meliputi 5 paket dari 16 x 48 GB TLC meninggal, menggunakan desain gerbang sel mengambang. [[58]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-58)

flash chip terus diproduksi dengan kapasitas di bawah atau sekitar 1 MB, misalnya, untuk BIOS-ROM dan aplikasi embedded.

Kecepatan transfer [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D27&usg=ALkJrhh_RwU7iH5N2hxzozEPiRhEfQQSUA)]

Perangkat memori flash biasanya jauh lebih cepat dalam membaca daripada menulis. [[59]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-master2010-59) Kinerja juga tergantung pada kualitas pengontrol penyimpanan yang menjadi lebih kritis ketika perangkat sebagian penuh. [[59]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-master2010-59) Bahkan ketika perubahan hanya untuk manufaktur adalah mati-menyusut, tidak adanya kontrol yang tepat dapat mengakibatkan kecepatan terdegradasi. [[60]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-60)

Aplikasi [ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D28&usg=ALkJrhg1RcdMxZWO25Ycd-c-6EonqWhcTg) ]

**Serial Flash**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D29&usg=ALkJrhhQ9KW0KkhF8uklMBAAsnIaPNSzDA)]

Serial Flash adalah, rendah daya memori flash kecil yang menggunakan interface serial, biasanya [Serial Peripheral Interface Bus](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus&usg=ALkJrhgfdjKjOC05Y4gCho6ySiChCW-3kQ) (SPI), untuk akses data berurutan. Ketika dimasukkan ke dalam [sistem embedded](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system&usg=ALkJrhhWbnLoqwOu5heXJLlXZhn7GSQJDw) , flash serial memerlukan lebih sedikit kabel pada [PCB](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board&usg=ALkJrhiItkxOt_blFeZgf676mJzoN5o66A) dari flash kenangan paralel, karena mentransmisikan dan menerima data satu bit pada satu waktu. Ini dapat mengizinkan pengurangan ruang dewan, konsumsi daya, dan biaya total sistem.

Ada beberapa alasan mengapa perangkat serial, dengan pin yang lebih sedikit eksternal dari perangkat paralel, secara signifikan dapat mengurangi biaya keseluruhan:

* Banyak [Asics](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Application-specific_integrated_circuit&usg=ALkJrhiTvZWmZr5ePgjr_gNSt3M5ekEJvg) adalah pad-terbatas, yang berarti bahwa ukuran [die](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Die_(integrated_circuit)&usg=ALkJrhgNDjlt4hh1Ul2gpwDU1UyEEC-fqA) dibatasi oleh jumlah [ikatan kawat](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wire_bond&usg=ALkJrhhEnM0NMikBHXwlkrLYP_sLMg8FHA) bantalan, daripada kompleksitas dan jumlah gerbang yang digunakan untuk logika perangkat. Menghilangkan bantalan obligasi sehingga memungkinkan sirkuit terpadu yang lebih kompak, pada die yang lebih kecil; ini meningkatkan jumlah mati yang dapat dibuat pada [wafer](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wafer_(electronics)&usg=ALkJrhjTzkGIMdHLnz5mAFNIBIjGBU1evQ) , dan dengan demikian mengurangi biaya per mati.
* Mengurangi jumlah pin eksternal juga mengurangi perakitan dan [kemasan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/IC_package&usg=ALkJrhjeYCbi9RGxMGccim61hNphZL0z6w) biaya. Sebuah perangkat serial dapat dikemas dalam paket yang lebih kecil dan lebih sederhana daripada perangkat paralel.
* paket pin-hitung lebih kecil dan lebih rendah menempati lebih sedikit area PCB.
* Perangkat pin-count rendah menyederhanakan PCB [routing yang](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Routing_(EDA)&usg=ALkJrhhXZvUQBQHnCDDPMw6Bx83m43hPlg) .

Ada dua SPI jenis flash utama. Jenis pertama ditandai dengan halaman kecil dan satu atau lebih buffer halaman SRAM internal yang memungkinkan halaman lengkap untuk dibaca ke buffer, sebagian dimodifikasi, dan kemudian ditulis kembali (misalnya, Atmel [AT45](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/AT45&usg=ALkJrhgNr_grSmD69S0mrea8TNf0G15FVQ)*DataFlash* atau [Micron Technology](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Micron_Technology&usg=ALkJrhgKfD6-acfesolEsv5slZIwmgtW5w) Halaman Erase NOR Flash ). Jenis yang kedua sektor yang lebih besar. Sektor terkecil biasanya ditemukan di flash SPI adalah 4 kB, tetapi mereka dapat sebagai besar sebagai 64 kB. Sejak flash SPI tidak memiliki buffer SRAM internal, halaman lengkap harus dibaca dan dimodifikasi sebelum ditulis kembali, sehingga lambat untuk mengelola. *SPI Flash* lebih murah daripada *DataFlash* dan karena itu adalah pilihan yang baik saat aplikasi adalah kode membayangi.

Dua jenis yang tidak mudah ditukar, karena mereka tidak memiliki pinout yang sama, dan perintah set tidak kompatibel.

**Penyimpanan firmware**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D30&usg=ALkJrhgJTaW7rGrJWJZ9-GRn6jE9rBV8hQ)]

Dengan peningkatan kecepatan CPU modern, perangkat flash paralel sering jauh lebih lambat dibandingkan dengan bus memori komputer mereka terhubung ke. Sebaliknya, modern [SRAM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Static_RAM&usg=ALkJrhg_Vnj1pk_7nunl6s-eUoubqoUxiQ) menawarkan waktu akses di bawah 10 [ns](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Nanosecond&usg=ALkJrhiSM4LjU4P_dkJ0iByvwQDjLuMp0w) , sedangkan [DDR2](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/DDR2_SDRAM&usg=ALkJrhiFIt6Ega1gDpAdwGC2RGqBruIH1w)[SDRAM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/SDRAM&usg=ALkJrhgUynHS-CXG7OQBU1xb_YZotmSywA) menawarkan waktu akses di bawah 20 ns. Karena ini, sering diinginkan untuk [bayangan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Shadow_RAM&usg=ALkJrhiapEslptaTPVnw52VYFlP3ZUuT-g)kode yang tersimpan dalam flash ke RAM; yaitu, kode disalin dari flash ke RAM sebelum eksekusi, sehingga CPU dapat mengaksesnya dengan kecepatan penuh. Perangkat[firmware](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Firmware&usg=ALkJrhhkWQ1xhZ2tKRbz7HN8c9sMeN6efg) dapat disimpan dalam perangkat flash serial, dan kemudian disalin ke SDRAM atau SRAM bila perangkat bertenaga-up. [[61]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-61) Menggunakan perangkat flash serial eksternal daripada on-chip Flash menghilangkan kebutuhan untuk proses kompromi signifikan (a proses yang baik untuk logika kecepatan tinggi umumnya tidak baik untuk flash dan sebaliknya). Setelah itu memutuskan untuk membaca firmware sebagai satu blok besar itu adalah umum untuk menambahkan kompresi untuk memungkinkan flash chip yang lebih kecil untuk digunakan. Aplikasi yang umum untuk flash serial termasuk menyimpan firmware untuk [hard drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_drive&usg=ALkJrhiNFpTs4zG0FDosC9GCkTz7Go550Q) , [Ethernet](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet&usg=ALkJrhiVpdJ6pUGNASLHta9mAdUPHYeVMg) controller, [modem DSL](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/DSL_modem&usg=ALkJrhhRS3JVHX9HEcemT-DQSkIK_gW8sg) , [perangkat jaringan nirkabel](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_card&usg=ALkJrhidYtmJ8RMdA98XRWh0_oCt3UWovg) , dll

**Memori flash sebagai pengganti hard drive**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D31&usg=ALkJrhi8M_vDg15t049xXjVa07_SWaO7lg)]

*Artikel utama:*[*Drive Solid-state*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive&usg=ALkJrhiK5ZkeQL-bDGqXlLdOQTJg9HTsBQ)

Salah satu aplikasi yang lebih baru untuk memori flash sebagai pengganti [hard disk](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk&usg=ALkJrhioM6PLa1Kk-eAEZfBUss18HqjnIQ) . Memori flash tidak memiliki keterbatasan mekanik dan latency dari hard drive, sehingga[solid-state drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive&usg=ALkJrhiK5ZkeQL-bDGqXlLdOQTJg9HTsBQ) (SSD) menarik ketika mempertimbangkan kecepatan, kebisingan, konsumsi daya, dan kehandalan. Flash drive yang mendapatkan traksi sebagai perangkat penyimpanan sekunder perangkat mobile; mereka juga digunakan sebagai pengganti hard drive di komputer desktop berkinerja tinggi dan beberapa server dengan [RAID](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/RAID&usg=ALkJrhi0xlTg_gNCU4kjtiLuINJswONAYg) dan[SAN](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Storage_area_network&usg=ALkJrhi47-gA9zLGwwFRzhTaecuXXgPZlw) arsitektur.

Masih ada beberapa aspek SSD berbasis flash yang membuat mereka tidak menarik. Biaya per gigabyte memori flash tetap secara signifikan lebih tinggi dari hard disk. [[62]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-62) Juga memori flash memiliki jumlah terbatas siklus P / E, tapi ini tampaknya menjadi saat di bawah kendali karena jaminan pada SSD berbasis flash mendekati mereka . hard drive saat ini [[63]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-63) Selain itu, dihapus file pada SSD dapat tetap untuk waktu yang tidak terbatas sebelum ditimpa oleh data baru; penghapusan atau rusak teknik atau perangkat lunak yang bekerja dengan baik pada hard disk drive magnetik tidak berpengaruh pada SSD, mengorbankan keamanan dan pemeriksaan forensik.

Untuk database relasional atau sistem lain yang memerlukan [ACID](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/ACID&usg=ALkJrhj_Y3pPAuu5Ws4Bxf5PPaBQLLNafw) transaksi, bahkan jumlah yang sederhana penyimpanan flash dapat menawarkan pemercepat luas lebih dari array disk drive. [[64]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-64)[[65]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-65)

Pada bulan Juni 2006, [Samsung Electronics](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Electronics&usg=ALkJrhjA91EmsQBRrTj27xWramBhI8DNUQ) merilis PC pertama memori flash berbasis, Q1-SSD dan Q30-SSD, yang keduanya digunakan 32 GB SSD, dan paling tidak pada awalnya hanya tersedia di [Korea Selatan](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/South_Korea&usg=ALkJrhjMfHL3OOaAic1zS_Yu1dOpAEUdXg) . [[66]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-66)

Sebuah solid-state drive ditawarkan sebagai pilihan dengan yang pertama [Macbook Air](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Macbook_Air&usg=ALkJrhgSxQwkMzkwa1kI-hb1NYYfOJxy4w) diperkenalkan pada tahun 2008, dan dari 2010 dan seterusnya, semua laptop Macbook Air dikirimkan dengan SSD. Mulai pada akhir 2011, sebagai bagian dari [Intel](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Intel&usg=ALkJrhhvEk5PGvmPDuAxb2CzlHWqrDc-RA) 's [Ultrabook](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrabook&usg=ALkJrhiP-JWvnrrOpRUHXoJzQBsNr-yGyA) inisiatif, peningkatan jumlah laptop ultra tipis sedang dikirim dengan standar SSD.

Ada juga teknik hybrid seperti [hybrid drive](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_drive&usg=ALkJrhgF3s2OrO_zt1I7WE33X0pO_1lHGg) dan [ReadyBoost](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/ReadyBoost&usg=ALkJrhiA1soNyxcYAa1CbAzIGTOWF9gKSg) yang mencoba untuk menggabungkan keunggulan dari kedua teknologi, menggunakan lampu kilat sebagai kecepatan tinggi non-volatile [Cache](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Cache_(computing)&usg=ALkJrhjGCVFrbgTCrG-MN5bnSFmApeTeAA) untuk file pada disk yang sering dirujuk, tapi jarang dimodifikasi, seperti aplikasi dan sistem operasi [executable](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Executable&usg=ALkJrhgAN0N8m-NPkVGojBS35nSz1GrzDg) file.

**Flash memori RAM**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D32&usg=ALkJrhiuV-PTJ8NdPdqLJuQzEZ6aB_7PRw)]

Pada 2012, ada upaya untuk menggunakan memori flash sebagai memori komputer utama, [DRAM](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_random-access_memory&usg=ALkJrhjL90ZB0hMGFIwos_v9oj2JBXRyxw) . [[67]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-67)

**Arsip atau jangka panjang penyimpanan**[ [sunting](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/w/index.php%3Ftitle%3DFlash_memory%26action%3Dedit%26section%3D33&usg=ALkJrhjBl59J665iBI5CoqBT5q3Z7vm1Bw)]

Tidak jelas berapa lama memori flash akan bertahan di bawah kondisi-yaitu arsip, suhu jinak dan kelembaban akses jarang dengan atau tanpa menulis ulang profilaksis. Bukti anekdotal [[*menentukan*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citing_sources&usg=ALkJrhh40d0dPJx27xUqLzcjqxykhPPH-A)] menunjukkan bahwa teknologi ini cukup kuat pada skala tahun. [[*Rujukan?*](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Citation_needed&usg=ALkJrhikySa3uKBd0Rd0BY2NC3XvkPggAQ)] Datasheets berbasis flash "Atmel [ATmega](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega&usg=ALkJrhgPIUExO7OQ8C6vu1BgE3sI69b21g) " mikrokontroler biasanya menjanjikan waktu retensi dari 20 tahun pada 85 ° C dan 100 tahun pada 25 ° C . [[68]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-68)

Sebuah artikel dari [CMU](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Carnegie_Mellon_University&usg=ALkJrhgfb9krD5IGI5dJA9vQ8iF5394OgA) pada tahun 2015 menulis bahwa "perangkat flash hari ini, yang tidak memerlukan lampu kilat refresh, memiliki usia retensi khas 1 tahun pada suhu kamar." Dan suhu yang dapat menurunkan waktu retensi secara eksponensial. Fenomena ini dapat dimodelkan oleh [hukum Arrhenius](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Arrhenius_equation&usg=ALkJrhheKDbnLF2A3429_hwAQbOngXhwJQ) . [[69]](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=en&rurl=translate.google.com&sl=en&tl=id&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory&usg=ALkJrhij6K0umrFvhSOBKXhCeNEmS255aA#cite_note-69)