

# Komputasi Paralel

Ahmad Rio Adriansyah  
arasy@nurulfikri.ac.id



# Pertemuan Ini

- Tujuan Perkuliahan
- Aturan umum
- Penilaian
- Sejarah perkembangan komputer
- Pengenalan/motivasi HPC
- Batasan masalah pada komputasi paralel

# Tujuan

---

Memperkenalkan sistem komputasi, cara pemrograman, algoritma, dan metode umum yang digunakan dalam HPC

Memberikan pengetahuan dan pengalaman langsung tentang pemrograman paralel

# Aturan Umum

---

Diperbolehkan :

- ✓ Bertanya/memberikan pendapat waktu dosen mengajar
- ✓ Bekerja sama dalam tugas kelompok
- ✓ Mencari informasi lain di luar kelas (buku, web)
- ✓ Latihan sendiri

Dilarang :

- ✗ Plagiasi, mencontek
- ✗ Terlambat lebih dari 30 menit ke dalam kelas

# Penilaian

---

Poin penilaian :

- Tugas & Kuis & Praktikum : 40%
- UTS : 25%
- UAS : 30%
- Kehadiran : 5%

---

# Sejarah Komputer

# Komputer

---

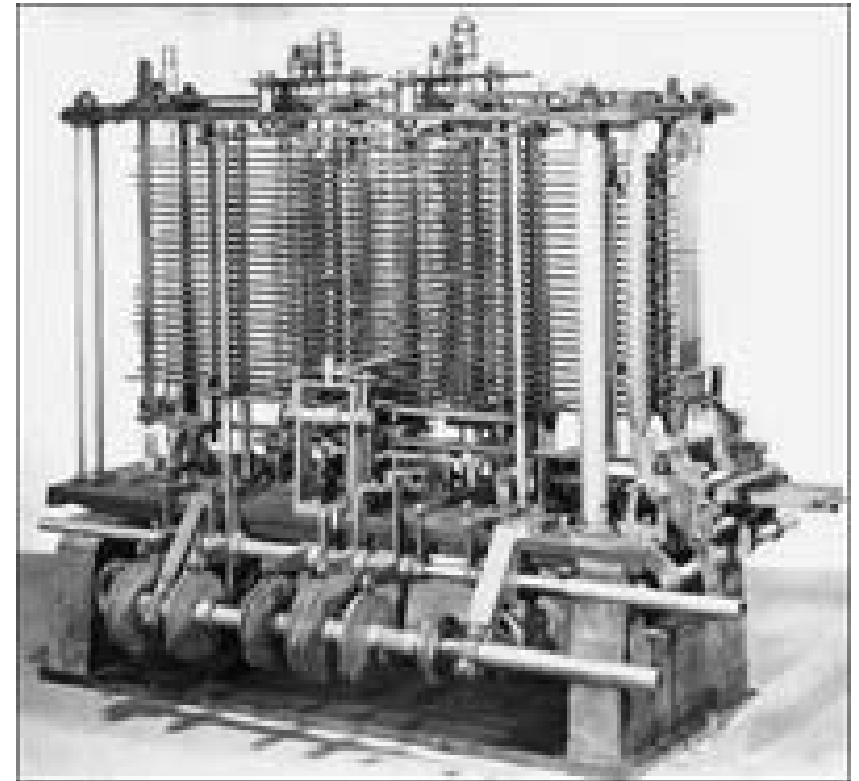
**kom·pu·ter** : n alat elektronik otomatis yg dapat menghitung atau mengolah data secara cermat menurut yg diinstruksikan, dan memberikan hasil pengolahan, serta dapat menjalankan sistem multimedia (film, musik, televisi, faksimile, dsb), biasanya terdiri atas unit pemasukan, unit pengeluaran, unit penyimpanan, serta unit pengontrolan;

**me·ngom·pu·ter·kan** : v memanfaatkan perangkat komputer untuk berbagai keperluan agar lebih praktis

# Perkembangan Komputer

---

1837, Charles Babbage membuat Mesin Analitik (*Analytical Engine*). Bisa dikategorikan sebagai alat mekanis multifungsi (*general purpose mechanical computer*) pertama.



<http://www.computerhope.com/issues/ch000984.htm>



# Babbage – Lovelace

## Analytical Engine / Difference Engine

---

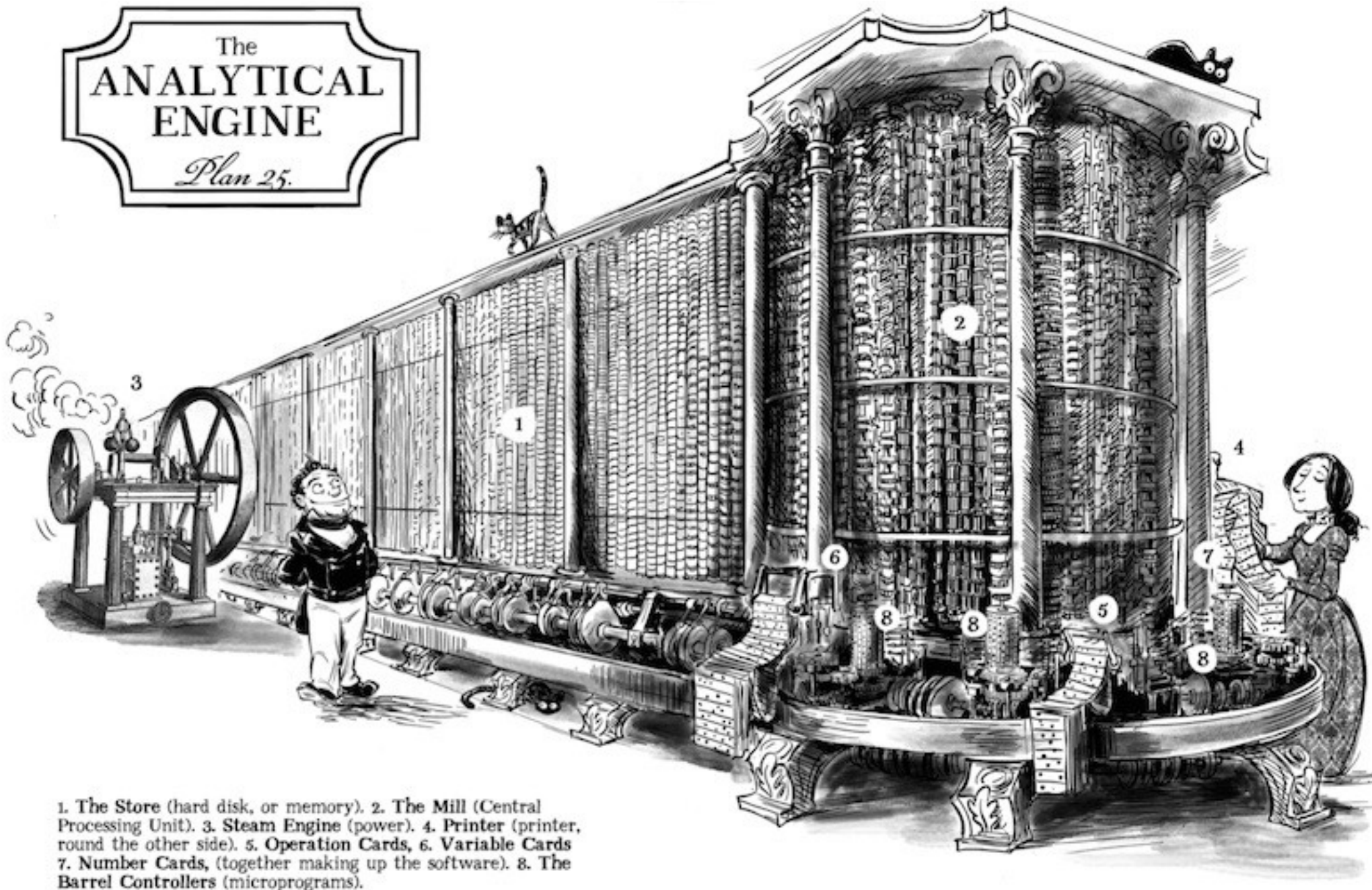
Alat tersebut sudah mengandung :

- Arithmetic Logic Unit (ALU)
- basic flow control
- integrated memori

Termasuk Turing Complete

# The ANALYTICAL ENGINE

*Plan 25.*



<http://sydneypadua.com/2dgoggles/the-analytical-engine-in-glorious-technicolour/>



# Perkembangan Komputer

---

1936-1938, Konrad Zuse membangun Z1, mesin elektro-mekanik yang bisa mengolah binari dan dapat diprogram. Z1 merupakan komputer fungsional pertama.

1943, Tommy Flower mendemonstrasikan komputer elektrik yang dapat diprogram, Colossus. Fungsinya untuk membantu Inggris membongkar kode Jerman.



# Perkembangan Komputer

---

**ENIAC** (*Electronic Numerical Integrator And Computer*) adalah komputer digital pertama yang lolos tes turing (*turing-complete*), dapat diprogram ulang, dan mampu memecahkan masalah numerik yang besar. (1946)

Kecepatannya seribu kali lebih tinggi dari mesin elektro mekanik yang ada.

# ENIAC

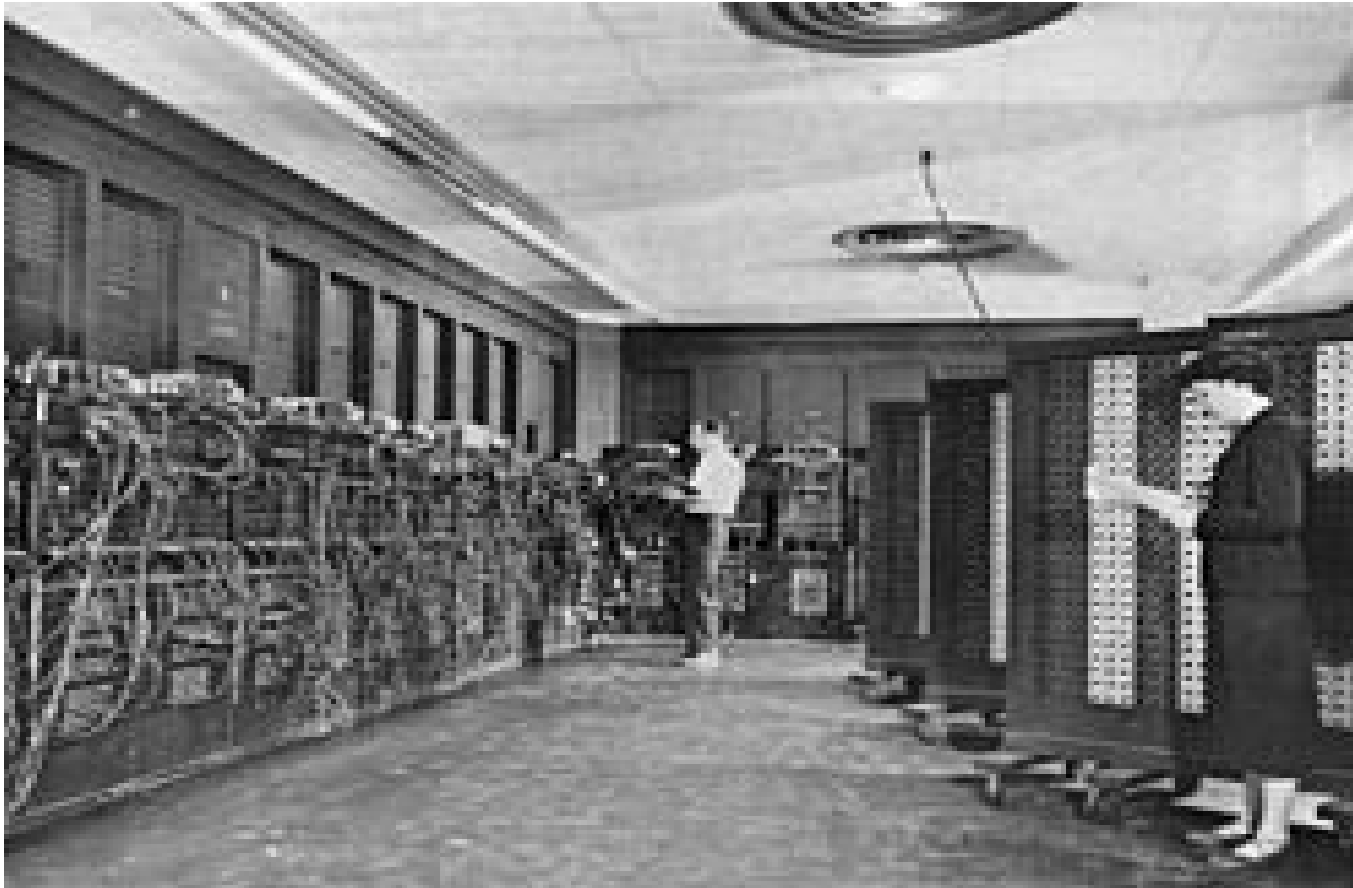
---

ENIAC adalah komputer modular, terdiri atas beberapa panel yang berbeda fungsi. Diantaranya ada 20 akumulator (untuk menjumlah, mengurangi, dan menyimpan 10 digit angka dalam memori).

Kecepatannya tinggi karena bilangan dikirim, diterima, dihitung, disimpan, dan menjalankan operasi selanjutnya tanpa memindahkan panel.

# ENIAC

---



<http://en.wikipedia.org/wiki/ENIAC>

# ENIAC

---

ENIAC terdiri dari 17,468 tabung vakum, 7,200 dioda kristal, 1,500 penghubung, 70,000 resistor, 10,000 kapasitor, dan sekitar 5 juta ruas yang disolder manual.

Beratnya 27 ton, menghabiskan 167 m<sup>2</sup> ruangan, dan listrik 160 kW



# ENIAC

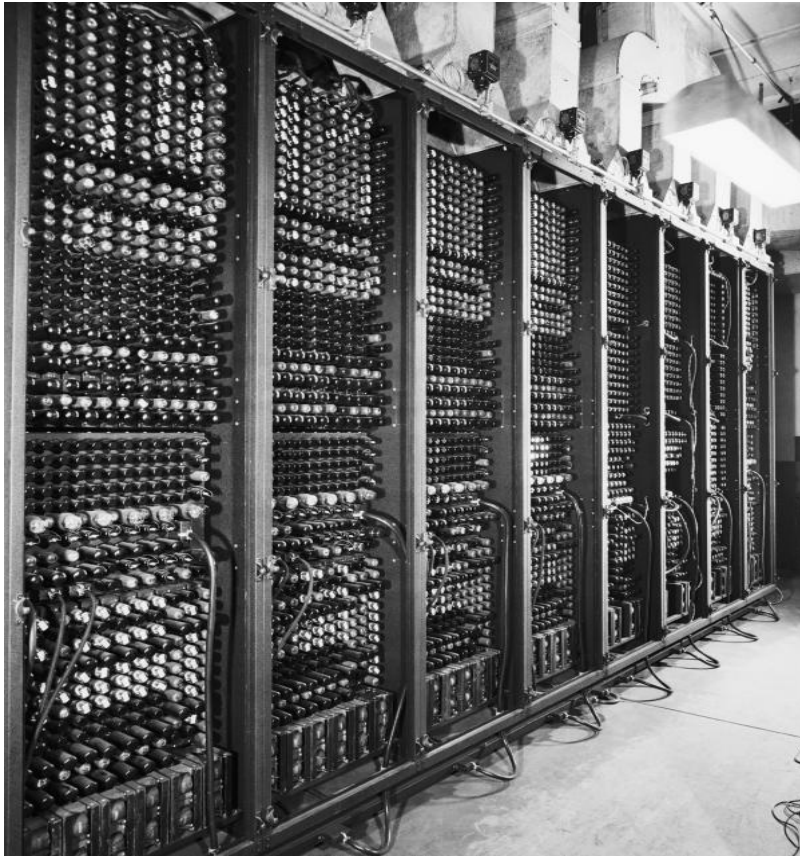
---

Siklus operasinya sekitar  $200\mu\text{s}$ , berarti sekitar 5000 operasi tiap detik. Bisa mengerjakan 5000 penjumlahan, 357 perkalian, **atau** 38 pembagian tiap detik.

Harga pembuatannya sekitar \$ 500.000 di masa itu (setara dengan 6 juta dolar di tahun 2011). Dalam rupiah, setara dengan 53,5 milyar (kurs 2011) atau hampir 80 milyar (kurs 2017)

# Tabung Vakum ENIAC

---



<http://explorepahistory.com/displayimage.php?imgId=1-2-920>



[http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum\\_tube#Use\\_in\\_electronic\\_computers](http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_tube#Use_in_electronic_computers)

# Perkembangan Komputer

---

1965, Tabung vakum, resistor, kapasitor, dll, dalam perkembangannya berkembang menjadi IC (*integrated circuit*)

1971, Intel memperkenalkan **Intel 4004**, mikroprosesor pertama.

1975, IBM mengeluarkan komputer portabel pertama, **IBM 5100**.

# IBM 5100

---

## IBM 5100

Beratnya hampir 25kg (55 pon) dengan display 5 inchi, 64 KB RAM, dan prosesor berkecepatan 1,9 MHz.



# Moore's Law

---

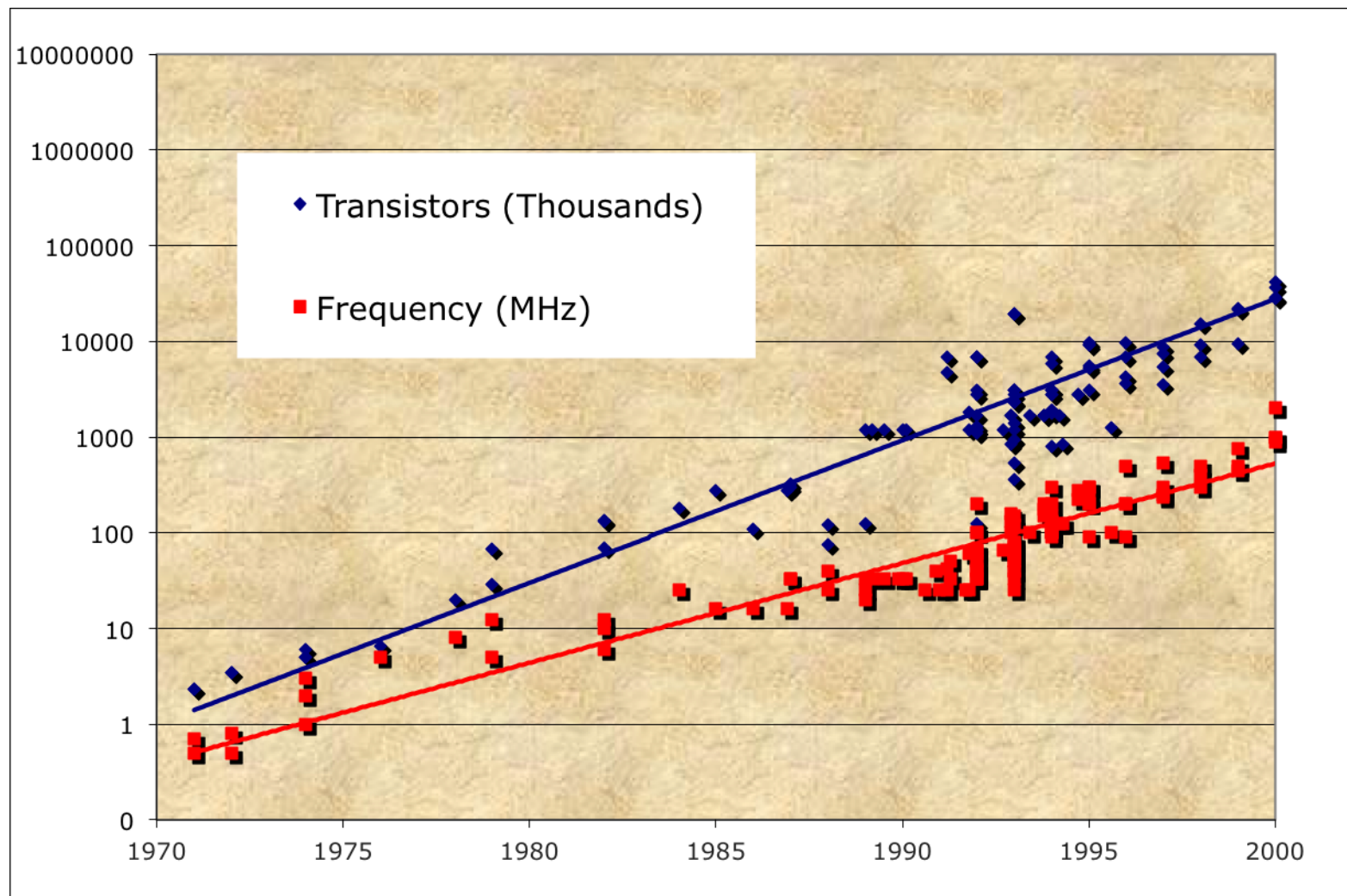
Sejak diciptakannya IC, banyak transistor per inchi<sup>2</sup> semakin bertambah setiap tahunnya, mengakibatkan kecepatan komputer semakin cepat.

**Gordon Moore** (co-founder Intel) :

“Kepadatan transistor dalam chip semikonduktor akan berlipat ganda tiap 18 bulan” (1965)

“Kompleksitas sirkuit berlipat ganda tiap 2 tahun.”  
(revisi 1975)

# Kecepatan Prosesor (1970-2000)



# Hubungan Transistor dan Kecepatan Komputer

---

Kenapa ukuran transistor yang mengecil / banyak transistor per inchi kuadrat semakin banyak membuat komputer semakin cepat?

# Efek Hardware

---

Ukuran transistor yang mengecil  $x$  kali memberikan keuntungan berikut :

1. clock rate meningkat  $x$  kali karena kabel semakin pendek
2. banyak transistor yang bisa diletakkan di area yang sama meningkat  $x^2$  kali
3. ukuran blok semikonduktornya (*die*) juga meningkat
4. kemampuan komputer kasarnya meningkat hampir sebesar  $x^4$  kali
5. sebagian digunakan untuk *cache* dan *hidden parallelism* di tingkat chip. Jadi program yang sama bisa lebih cepat sekitar  $x^3$  kali tanpa mengubah apa apa.



# Kenapa Butuh Komputer Cepat?

---

1. Memecahkan masalah lebih cepat
  - Apps lebih responsif
  - Perhitungan rumit lebih cepat selesai
2. Mendapat hasil yang lebih baik di waktu yang sama
  - Meningkatkan resolusi
  - Membuat model yang lebih teliti

# Terapan Komputasi Paralel di Bidang Sains dan Teknik

---

- Material
- Fluid dynamic
- Cuaca/iklim
- Deformasi struktur
- Genetik
- Seismik, dll

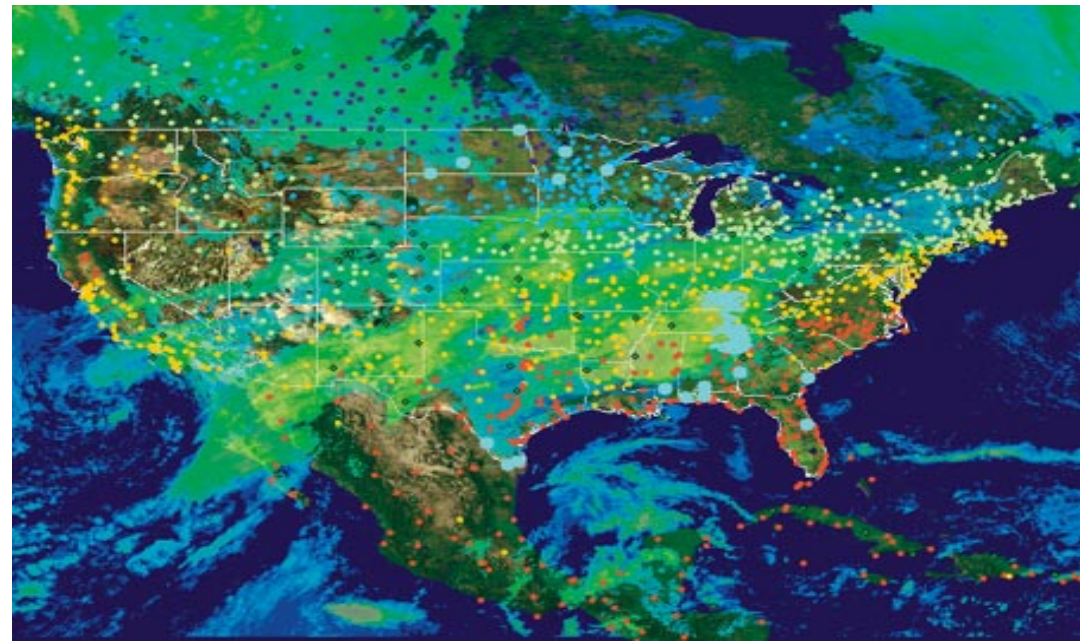
Banyak proyek sains dan teknik tidak akan berjalan tanpa HPC

---

# Prediksi Cuaca

---

- Atmosfer dimodelkan dengan membaginya ke dalam region sel 3 dimensi
- Perhitungan tiap sel diulang sebagai model berlalunya waktu. Tiap iterasi mewakili suatu selang waktu tertentu.



<http://www.esri.com/news/arcnews/fall01/articles/todaysforecast.html>

# Kalkulasi Model

---

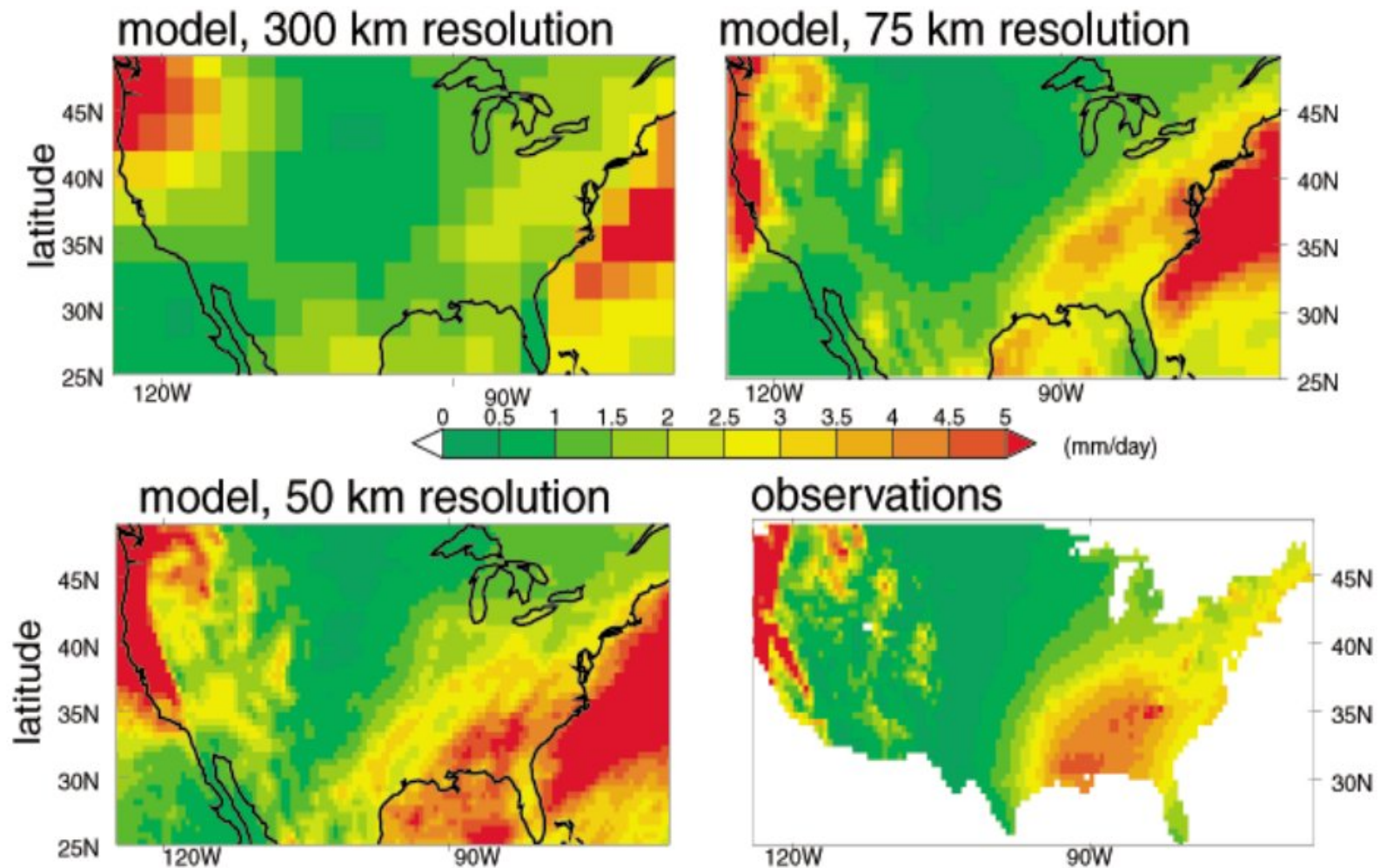
- Asumsikan atmosfer global kita dibagi menjadi sel-sel dengan ukuran  $1\text{km} \times 1\text{km} \times 1\text{km}$
- Luas permukaan bumi 510,1 juta  $\text{km}^2$
- Lapisan atmosfer yang mempengaruhi cuaca secara signifikan adalah troposfer dan stratosfer.
- Kita batasi atmosfer sampai ketinggian 50 km dari permukaan laut

# Kalkulasi Model

---

- Butuh 510,1jt x 50 sel untuk mewakili atmosfer, sekitar  $2,5 \times 10^{10}$  (25 milyar) sel.
- Misalnya dibutuhkan 200 flop untuk kalkulasi setiap iterasinya
- Dalam satu iterasi butuh  $5 \times 10^{12}$  flop
- Seandainya kita mau memprediksi cuaca esok hari (24 jam berikutnya) dengan interval waktu per 10 menit
- Jika menggunakan komputer dengan kemampuan 1 Gflops, dibutuhkan waktu 720.000 detik (sekitar 200 jam)

# Prediksi Cuaca Curah Hujan Musim Dingin



# CT Scan

---

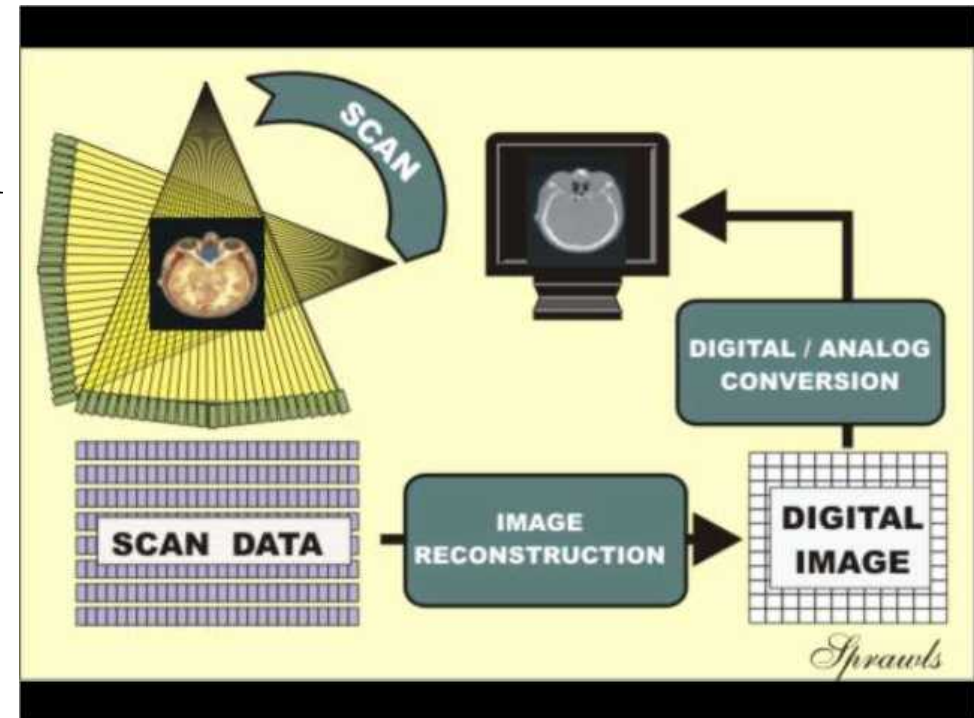




# Kalkulasi

Proses pembuatan gambar CT scan terbagi menjadi 3 bagian :

- fase scanning
- fase rekonstruksi
- fase konversi





---

Referensi :

[http://www.sprawls.org/resources/CTIMG/module  
.htm](http://www.sprawls.org/resources/CTIMG/module.htm)

# Rendering Grafik

---



# Luxo Jr.

---

Tiap frame butuh 1,5 jam CPU time untuk merender pada resolusi 724x434.

("The Reyes image rendering architecture" from July 1987)

Durasi 174 detik, dengan asumsi 24 FPS, butuh sekitar 36 jam untuk merender 1 detik filmnya.

Total waktu yang diperlukan 6264 jam atau sekitar **261 hari**.

# Masalah Komputasi Tinggi

---

## 1. Masalah 3 dimensi

Jika diperbesar resolusinya  $x$  kali, waktu yang dibutuhkan meningkat  $x^3$  kali (contoh: simulasi)

## 2. Perubahan skala

Skala area atau waktu. Dari lokal menjadi global. Dari singkat menjadi jangka panjang (contoh: data kependudukan)

## 3. Data yang besar

Terutama data relasi. Relasi antar  $n$  buah anggota himpunan ada  $2^n$  data (contoh: genome, n-body problem, interaksi antar bintang)

# Bagaimana Memecahkan Hal Ini?

---

Memanfaatkan paralelisme :

- Masalah yang besar biasanya punya banyak operasi yang bisa dikerjakan bersamaan (concurrently)

Paralelisme bisa dieksploitasi di berbagai tingkatan :

- Dalam CPU core, multiple functional unit, pipelining
- Dalam chip, beberapa buah core
- Dalam node, beberapa buah chip
- Dalam sistem, beberapa node

# Tapi....

---

## Paralelisme memiliki keterbatasan

- Di tingkat core dan chip, yang menjadi masalah adalah kompleksitas dan harga
- Di tingkat chip dan node, memori bisa jenuh (*saturated*) jika terlalu banyak core
- Antar satu node dengan node lain, kecepatan komunikasi jauh lebih lambat daripada komunikasi dalam satu CPU
- Kebanyakan aplikasi hanya mencapai sebagian dari performa maksimalnya (10%-20%)

# Batas Performa Chip

---

## 1. Batas Atomik

- 10 nm (mass production 2017)
- 7 nm (development stage, silikon)
  - Di bawah 7nm atom silikon terlalu dekat sehingga bisa menyebabkan quantum tunneling (elektron mengalir dari satu gate ke gate lain sehingga transistor menyala terus)
- 1 nm (single transistor, carbon nanotube dan molybdenum disulfida MoS<sub>2</sub>, Berkeley Lab)
- Ukuran atom hidrogen = 53 pm



# Ukuran Transistor

The screenshot shows a web browser displaying a Samsung Newsroom article. The browser's address bar shows the URL: <https://news.samsung.com/global/samsung-starts-industrys-first-mass-production-of-system-on-chip-with-10-nanometer-finfet-technology>. The Samsung Newsroom header includes navigation links for Corporate, Products, Press Resources, Views, and About Us. The article title is "Samsung Starts Industry's First Mass Production of System-on-Chip with 10-Nanometer FinFET Technology". It is dated "Korea on October 17, 2016" and includes share and print icons. The text states that Samsung Electronics has commenced mass production of System-on-Chip (SoC) products with 10-nanometer (nm) FinFET technology. A "Top" button is visible in the bottom right corner of the article content area.

Press Resources > [Press Release](#)  
Products > [Semiconductors](#)


## Samsung Starts Industry's First Mass Production of System-on-Chip with 10-Nanometer FinFET Technology

Korea on October 17, 2016

SHARE  

Samsung Electronics, a world leader in advanced semiconductor technology, today announced that it has commenced mass production of System-on-Chip (SoC) products with 10-nanometer (nm) FinFET technology for which would make it first in the industry.

Following the successful mass production of the industry's first FinFET mobile

Top 



# Ukuran Transistor



WIKIPEDIA  
The Free Encyclopedia

Main page  
Contents  
Featured content  
Current events  
Random article  
Donate to Wikipedia  
Wikipedia store

Interaction

Help  
About Wikipedia  
Community portal  
Recent changes  
Contact page

Tools

What links here  
Related changes  
Upload file  
Special pages  
Permanent link  
Page information  
Wikidata item  
Cite this page

Print/export  
Create a book  
Download as PDF  
Printable version

Languages   
Català

Article [Talk](#)

[Read](#)

## 10 nanometer

From Wikipedia, the free encyclopedia

*For the length in general and comparison, see [10 nanometres](#).*

In semiconductor fabrication, the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) defines the **10 nanometer** (**10 nm**) node. "**10 nm class**" denotes chips made using process technologies between 10 and 20 nanometers.

Samsung first released their version of a "10 nm" process node in 2017.<sup>[1][2]</sup>

### Contents [\[hide\]](#)

- 1 History
  - 1.1 Background
  - 1.2 Potential technologies
  - 1.3 Technology demos and pre-production.
  - 1.4 Shipping devices
- 2 10 nm process nodes
- 3 References

## History [\[ edit \]](#)

### Background [\[ edit \]](#)

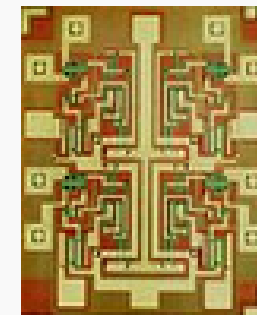
The ITRS's original naming of this technology node was "11 nm". According to the 2007 edition of the roadmap, by the year 2020, between identical features in an array) for a **DRAM** should be 11 **nm**. **Pat Gelsinger**, at the time serving as Intel's Chief Technology Officer, 'clear way' towards the 10 nm node.<sup>[3][4]</sup> At the 11 nm node, Intel expected (in 2006) to be using a half-pitch of around 21 nm, in **Daily**, claimed (in 2009) that they would also reach 11 nm semiconductors in 2015, a transition he claimed would be facilitated by **automation** tools.<sup>[6]</sup>

As of 2014, "10 nm" node was projected to use a metal pitch of 40-50 nm.<sup>[7]</sup>

This 10 nm design rule is considered likely to be realized by **multiple patterning**,<sup>[8][9][10]</sup> given the difficulty of implementing EUV

### Potential technologies [\[ edit \]](#)

## Semiconductor manufacturing processes



10  $\mu\text{m}$  - 1971  
6  $\mu\text{m}$  - 1974  
3  $\mu\text{m}$  - 1977  
1.5  $\mu\text{m}$  - 1982  
1  $\mu\text{m}$  - 1985  
800 nm - 1989  
600 nm - 1994  
350 nm - 1995  
250 nm - 1997  
180 nm - 1999  
130 nm - 2001  
90 nm - 2004  
65 nm - 2006  
45 nm - 2008  
32 nm - 2010  
22 nm - 2012  
14 nm - 2014  
**10 nm** - 2017  
7 nm - ~2018  
5 nm - ~2020

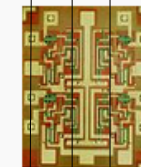
Half-nodes

V · T · E

Create account Log in

Q

## Semiconductor manufacturing processes



10  $\mu\text{m}$  - 1971  
6  $\mu\text{m}$  - 1974  
3  $\mu\text{m}$  - 1977  
1.5  $\mu\text{m}$  - 1982  
1  $\mu\text{m}$  - 1985  
800 nm - 1989  
600 nm - 1994  
350 nm - 1995  
250 nm - 1997  
180 nm - 1999  
130 nm - 2001  
90 nm - 2004  
65 nm - 2006  
45 nm - 2008  
32 nm - 2010  
22 nm - 2012  
14 nm - 2014  
**10 nm** - 2017  
7 nm - ~2018  
5 nm - ~2020

Half-nodes

V · T · E

# Ukuran Transistor

---

Tahun 2019, **Samsung Electronics** dan **TSMC** (*Taiwan Semiconductor Manufacturing Company*) sudah memulai produksi 5nm nodes dengan teknologi **MOSFET** (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*).

<https://www.hpcwire.com/2019/06/12/tsmc-and-samsung-moving-to-5nm-whither-moores-law/>

# Ukuran Transistor

---

“By 2020-25 device features will be reduces to a few nanometers and it will become practically impossible to reduce device dimensions any further.”

THE INTERNATIONAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR SEMICONDUCTORS 2.0 : 2015

# Batas Performa Chip

---

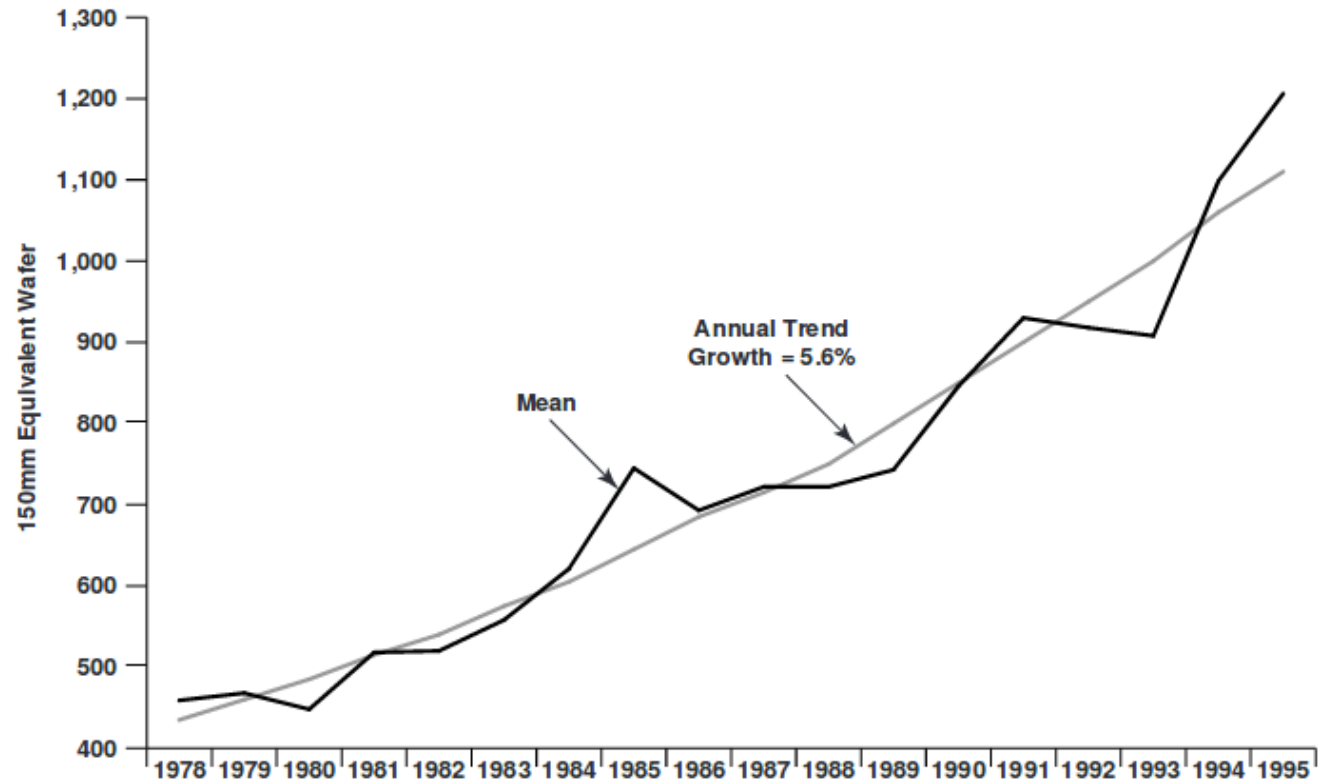
## 1. Batas Atomik

- 7 nm (2018). Ukuran atom hidrogen = 53 pm

## 2. Batas Ekonomis

- Pertimbangan harga pengembangan dan produksi

# Biaya Pembuatan



Source: SIA

22727

Figure 2-3. Manufacturing Cost of Goods Sold (Less Depreciation) Per Wafer Start

INTEGRATED CIRCUIT ENGINEERING  
CORPORATION

# Batas Performa Chip

---

## 1. Batas Atomik

- 7 nm (2018). Ukuran atom hidrogen = 53 pm

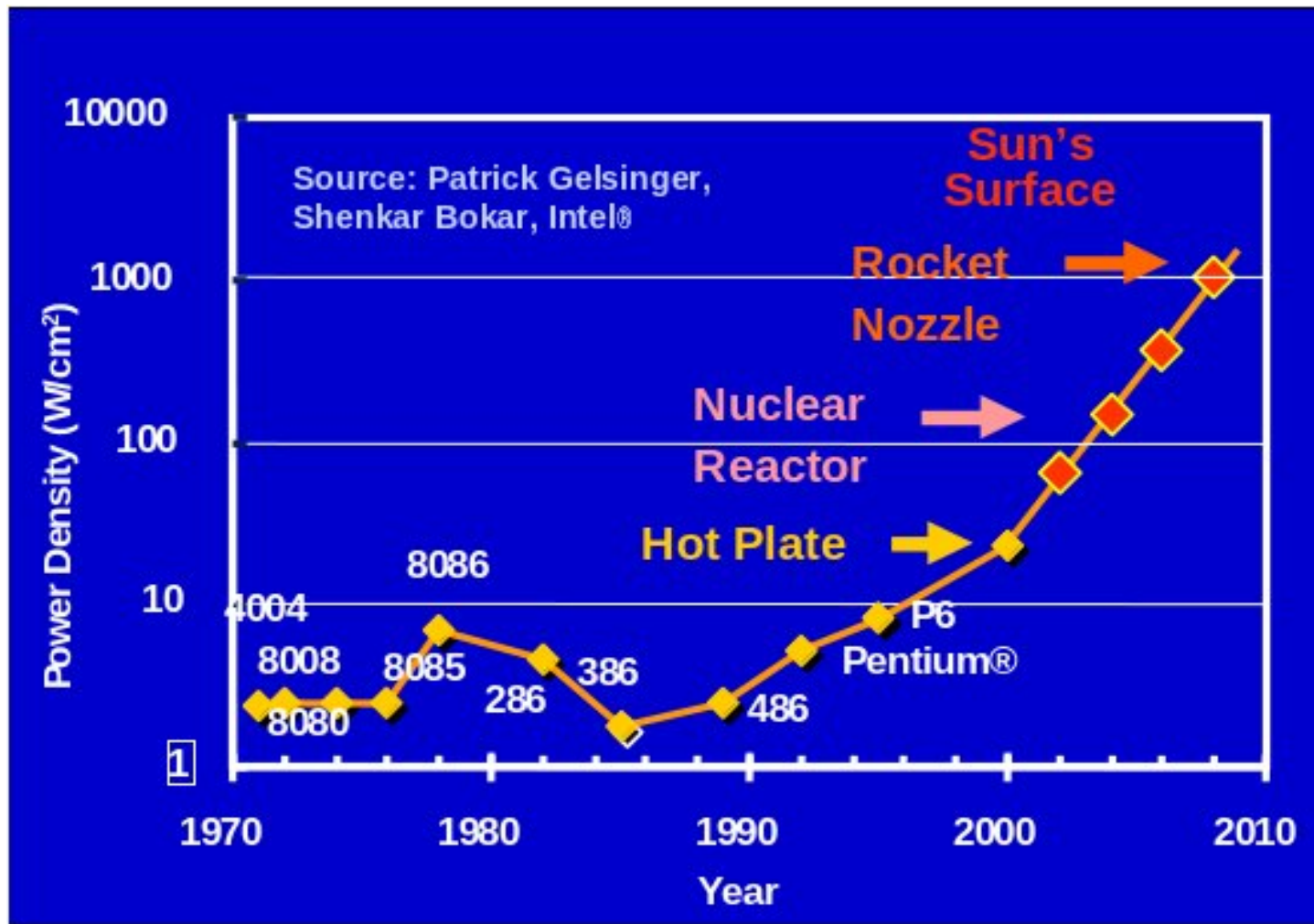
## 2. Batas Ekonomis

- Pertimbangan harga pengembangan dan produksi

## 3. Batas Suhu

- Semakin tinggi clock speed, suhu semakin panas

# Daya Prosesor



# Batas Performa Chip

---

## 1. Batas Atomik

- 7 nm (2018). Ukuran atom hidrogen = 53 pm

## 2. Batas Ekonomis

- Pertimbangan harga pengembangan dan produksi

## 3. Batas Suhu

- Semakin tinggi clock speed, suhu semakin panas

## 4. Batas Energi

- Energi yang digunakan semakin besar. Kebocoran arus



# Perhitungan Daya

---

Daya berbanding lurus dengan  $V^2 \cdot f \cdot C$

Meningkatnya frekwensi ( $f$ ) mengakibatkan meningkatnya voltase juga ( $V$ ) sehingga efeknya terhadap daya berpangkat 3.

Menambah banyaknya core meningkatkan kapasitansi ( $C$ ), tapi linier.

Sistem serentak (*concurrency*) lebih hemat daya dengan mengurangi frekwensi dan menambah banyak core.

# Tugas

---

1. Baca artikel “Parallel Computing on Any Desktop” oleh Amy Marowka
2. Buat 10 pertanyaan terkait dengan bacaan tersebut
3. Artikel bisa didownload di elearning, kelas **Komputasi Paralel 2019-1**