

Ir. I Wayan Karang Utama, S.Kom., M.Kom.  
Zumhur Alamin, S.Kom, M.Kom.  
Fathir, M.Kom.  
Januardi Rosyidi Lubis, M.Kom.  
Erwan Darmawan, ST., MT.  
Riana Safitri, M.Kom.  
Elvis Pawan, S.Kom., M.Kom.  
Nuniek Fahriani, S.Kom., M.Kom.  
Feri Irawan, S.Kom., M.Kom.  
Perra Budiarti Rahayu Putri, S.Kom., M.Kom.

# **ARSITEKTUR DAN ORGANISASI × KOMPUNER**



Undang- undang Nomor 28 tahun 2014 Tentang Hak Cipta Lingkup Hak Cipta  
Pasal 1

Hak cipta adalah hak eksklusif pencipta timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai ketentuan peraturan perundang- undangan.

Pasal 113

- 
1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf I untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama I (satu) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000 (seratus juta rupiah)
  2. Setiap Orang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/ atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000 (lima ratus juta rupiah).
  3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 1.000.000.000 (satu miliar rupiah)
  4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000 (empat miliar rupiah).
-

Ir. I Wayan Karang Utama, S.Kom., M.Kom., IPM  
Zumhur Alamin, S.Kom, M.Kom.  
Fathir, M.Kom., dkk.

# Arsitektur dan Organisasi Komputer



PT. PENERBIT GRISET  
INDONESIA

## *Arsitektur dan Organisasi Komputer*

Penulis:

Ir. I Wayan Karang Utama, S.Kom., M.Kom., IPM

Zumhur Alamin, S.Kom, M.Kom.

Fathir, M.Kom.

Januardi Rosyidi Lubis, M.Kom.

Erwan Darmawan, ST., MT

Riana Safitri, M.Kom.

Elvis Pawan, S.Kom., M.Kom.

Nuniek Fahriani, S.Kom., M.Kom.

Feri Irawan, S.Kom., M.Kom.

Perra Budiarti Rahayu Putri, S.Kom., M.Kom.

© 2024

Cetakan ke-1, September 2024

Diterbitkan oleh

PT Penerbit Qriset Indonesia

Anggota IKAPI No. 269/JTE/2023

Jl. Sirkandi, Desa Sirkandi, Kecamatan Purwareja Klampok, Kabupaten Banjarnegara 53474

Email: [admin@qrisetindonesia.com](mailto:admin@qrisetindonesia.com)

Editor: Adi Fathul Qohar, M.Pt. & Afik Fathur Rohman, S.Hum.

Layout: Hindun Nur Khasanah, S.Sos.

Perancang Sampul: Vendra Suryandala Izdiharsyah, S.Kom.

viii + 191 (199) hlm. : 15,5 cm x 23 cm

ISBN: 978-623-89318-7-3

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

# KATA PENGANTAR

Puja dan Puji Syukur kami panjatkan atas berkat dan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa buku ini dapat kami tulis sebagai bahan ajar untuk mata kuliah Arsitektur dan Organisasi Komputer. Dalam buku ini, kami menulis materi ajar berkaitan dengan arsitektur dan organisasi komputer dengan tema (1) Perkembangan komputer digital, (2) Dasar-dasar Arsitektur dan Organisasi Komputer, (3) Representasi dan Implementasi Floating Poin, (4) Aljabar Boolean dan Rangkaian Logika, (5) Rangkaian Kombinasional dan perbedaannya dengan rangkaian sekuensial (6) MIPS dan Instruksi-instruksinya, (7) Fungsi Komponen Internal CPU dan Sistem Operasi, (8) Cache Memory, (9) Internal Memory, (10) Input / Output, (11) Bus dan Perkembangannya, (12) Arsitektur Paralel.

Semoga kontribusi kecil ini bermanfaat kepada kita semua. Kesempurnaan hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, tentunya materi yang disampaikan dalam book chapter ini jauh dari sempurna masih banyak perlu perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan keterbaruan informasi dari materi ajar ini. Untuk perbaikan kedepannya kami mohon kritik dan saran pembaca serta tidak lupa kami memohon maaf atas ketidaksempurnaan ini. Kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang berkontribusi langsung maupun tidak langsung atas terbitnya book chapter ini. Semoga Tuhan yang Maha Esa selalu melimpahkan berkah dan rahmatNya untuk kemajuan ilmu pengetahuan kita semua. Amin

Indonesia, Juli 2024

Tim Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
BAB I PERKEMBANGAN KOMPUTER DIGITAL.....	1
A. Pengertian Umum.....	1
B. Periode Perkembangan Komputer.....	3
BAB II DASAR-DASAR ARSITEKTUR DAN ORGANISASI KOMPUTER.....	33
A. Pengertian Umum.....	33
B. Fungsi dan Struktur Komputer.....	37
C. Katagori Penggunaan Komputer.....	43
D. Komponen Utama CPU.....	44
E. Karakteristik Komputer.....	48
F. Konsep Dasar Sistem Operasi.....	49
BAB III REPRESENTASI DAN IMPLEMENTASI FLOATING POINT.....	53
A. Definisi Bilangan <i>Floating Point</i> .....	53
B. Perbedaan Bilangan <i>Floating Point</i> dan <i>Fixed Point</i> .....	54
C. Representasi <i>Floating Point</i> .....	54
D. Operasi <i>Floating Point</i> .....	58
E. Ketelitian dan Akurasi <i>Floating Point</i> .....	64
F. <i>Error</i> pada <i>Floating Point</i> .....	65
G. FPU dalam Eksekusi Instruksi <i>Floating Point</i> .....	66
BAB IV ALJABAR BOOLEAN DAN RANGKAIAN LOGIKA.....	69
A. Pendahuluan.....	69
B. Dasar-dasar Aljabar Boolean.....	69
C. Kesimpulan.....	82
BAB V RANGKAIAN KOMBINASIONAL DAN PERBEDAANNYA DENGAN RANGKAIAN SEKUENSIAL.....	83
A. Rangkaian Kombinasional.....	83
B. Rangkaian Sekuensial.....	96

<b>BAB VI FUNGSI KOMPONEN INTERNAL CPU DAN SISTEM OPERASI</b> .....	105
A. Fungsi dan Komponen internal CPU .....	105
B. Sistem Operasi.....	109
<b>BAB VII CACHE MEMORY</b> .....	117
A. Definisi <i>Cache Memory</i> .....	117
B. Fungsi Cache Memory .....	119
C. Jenis-jenis <i>Cache Memory</i> .....	120
D. Cara Kerja Cache Memory.....	123
E. Level pada <i>Cache Memory</i> .....	123
F. Kecepatan <i>Cache Memory</i> .....	124
G. Perbedaan L1, L2, dan L3.....	125
H. <i>Virtual Address Cache</i> .....	125
<b>BAB VIII INTERNAL MEMORY</b> .....	129
A. Pengantar .....	129
B. Defenisi dan Konsep Memori Internal.....	130
C. Jenis-Jenis Memori Internal.....	131
D. Struktur Random Access Memory (RAM).....	133
E. Fungsi dan Peranan Memori Internal.....	134
F. Kapasitas dan Kecepatan .....	135
G. Manajemen Memori Internal .....	136
H. Pengaruh Terhadap Kinerja Sistem.....	138
I. Perkembangan dan Tren .....	139
<b>BAB IX INPUT/OUTPUT</b> .....	141
A. Pengertian Input/Output.....	141
B. Jenis-jenis Perangkat input .....	143
C. Teknologi Terbaru Dalam Perangkat Input.....	145
D. Perangkat Output Dalam Komunikasi Data.....	147
E. Sistem Keamanan Input/Output Dalam Komunikasi Data .....	149
F. Kesimpulan dan Penutup.....	150
<b>BAB X BUS DAN PERKEMBANGANYA</b> .....	153
A. Pengertian BUS .....	153
B. Jenis-Jenis Bus.....	155
C. Cara Kerja Sistem Bus Pada Komputer .....	160

D. Sejarah dan Perkembanganya.....	162
<b>BAB XI ARSITEKTUR PARALEL .....</b>	<b>165</b>
A. Defenisi Arsitektur Paralel .....	165
B. Jenis-jenis Arsitektur Paralel .....	166
C. Komponen Utama Dalam Sistem Paralel .....	170
D. Sistem Kerja Paralel Processing.....	172
E. Model Pemrograman Paralel .....	173
F. Komputasi Paralel.....	174
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>179</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>187</b>

# BAB I

## PERKEMBANGAN KOMPUTER DIGITAL

### Capaian Pembelajaran :

#### A. Pendahuluan

Bagian awal dari bab ini membahas tentang perkembangan computer digital. Setelah menyelesaikan Bab ini, diharapkan mahasiswa dapat:

1. Mengetahui sejarah dan perkembangan komputer digital
2. Mengetahui bahwa teknologi komputer merupakan teknologi terpenting dalam Masyarakat saat ini.

#### B. Penyajian

1. Mengetahui evolusi komputer
2. Pemahaman evolusi computer dari arsitektur intel x 86

### A. Pengertian Umum

Modernisasi dan kemajuan teknologi, membuat komputer telah menjadi kebutuhan sehari-hari bahkan ketergantungan bagi umat manusia. Perkembangan teknologi komputer mengalami lompatan-lompatan yang memicu perkembangan teknologi informasi yang massif, setiap kemajuan yang terjadi jauh lebih unggul dan fungsional dibandingkan sebelumnya. Latar belakang mengapa komputer bisa berkembang sangat cepat dibandingkan dengan bidang ilmu teknologi yang lain terutama implikasi Teknologi Informasi di tempat kerja.

Semakin berkembang suatu ilmu pengetahuan, maka akan semakin berat pekerjaan yang harus dilakukan dalam bidang tersebut. Komputer terus dikembangkan untuk menjalankan pekerjaan manusia yang semakin banyak dan semakin rumit. Komputer juga dikembangkan dalam bidang pendidikan untuk mendukung kebutuhan manusia dalam hal penggunaan dan penguasaan teknologi yang semakin berkembang. Teknologi

komputer dapat meningkatkan pemberdayaan produktivitas manusia dengan usaha yang lebih mudah.

Tujuan dari penggunaan komputer adalah untuk menghasilkan perangkat komputasi elektronik yang dapat memanipulasi data sesuai dengan serangkaian instruksi yang diberikan. Teknologi komputer adalah bidang teknologi yang berhubungan dengan penggunaan komputer dan telekomunikasi untuk menyimpan, mengambil, dan mengirimkan informasi.

Peran teknologi komputer yang digunakan untuk memproses informasi menentukan hasil dari kualitas informasi tersebut. Fungsi utama teknologi komputer adalah manipulasi dan penggunaan komputer untuk memproses informasi. Hal ini dapat mencakup aplikasi komputer sederhana hingga sesuatu yang lebih kompleks seperti sistem komputer. Ini juga dapat digunakan untuk merancang perangkat lunak dan simulasi yang kompleks. Teknologi internet juga telah membantu mewujudkan gagasan budaya global secara praktis. Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa pada akhirnya teknologi informasilah yang membuat segala sesuatunya mudah diakses. Hal ini mudah dilakukan melalui teknologi internet dan komputer. Contoh perkembangan teknologi komputer dapat dinikmati masyarakat dunia saat ini dengan duduk di depan komputer atau gawai sudah dapat bertransaksi barang dari negara mana pun di seluruh dunia. Mesin Turing adalah model standar perangkat keras komputer digital saat ini (Lee et al., 2023).

Perkembangan komputer digital dimulai dari era perkembangan ilmu pengetahuan (1550–1700). Penemuan ilmiah dan perubahan besar yang berdasarkan filsafat dan pendekatan dalam menjalankan ilmu pengetahuan (van Niekerk, 2020). Hingga abad ke-20 tidak ada terobosan besar yang signifikan terhadap perkembangan komputer. Alat hitung Sempoa merupakan tonggak dari perkembangan komputer modern saat ini, perangkat mekanis yang menjadi dasar komputer modern dari sebuah mesin hitung sederhana yang sudah ada sejak berabad-abad yang lalu. Teknologi komputer Bombe dan penggantinya Colossus pada awalnya

adalah salah satu mesin paling penting yang mempunyai dampak langsung pada ilmu politik dan sosial sebelum akhir Perang Dunia 2. Mesin ini dirancang untuk membantu memecahkan pesan berkode Jerman yang dikirim menggunakan mesin Enigma.

## **B. Periode Perkembangan Komputer**

### **1. Komputer Analog**

Komputer analog bekerja secara terus menerus (komputer digital berfungsi dalam langkah-langkah terpisah). Komputer analog bekerja berdasarkan pengukuran fisik secara terus menerus misalnya berhubungan dengan tekanan, tegangan, arus, suhu, arus, panjang, dll Komputer analog menggunakan model yang berperilaku dengan cara yang serupa (dengan cara “analog”) terhadap permasalahan tersebut untuk dipecahkan. Komputer analog tertua adalah murni sistem mekanis, sistem selanjutnya adalah perangkat elektronik(Steiglitz, 2019).

- a. Pada tahun 1642, Blaise Pascal, seorang ilmuwan Perancis terkenal yang hidup pada abad ke-17, menemukan mesin penjumlahan pertama, dan karenanya terkenal karena pengembangan bahasa pemrograman Pascal. Mesin ini dikenal sebagai Pascaline, dan merupakan kalkulator yang lebih rumit. Pengguna akan memasukkan angka dengan dial, lalu memutar engkol untuk menjumlahkan angka tersebut. Mesin ini juga menjadi alasan Pascal menjadi presiden pertama Akademi Ilmu Pengetahuan Perancis karena mereka sangat terkesan dengan ciptaannya.
- b. Matematikawan hebat Gottfried Leibnitz memberikan pengaruh yang signifikan terhadap komputer modern pada pertengahan abad ke-17. Dia dan Pascal bekerja sama dalam proyek serupa, namun Leibnitz menjadi lebih terkenal karena pengembangan sistem komputer modernnya. Dia menemukan sebuah mesin yang dapat melakukan empat operasi, dan itu adalah mesin pertama yang dapat "menyimpan informasi dalam memorinya". Ini adalah ide dasar tentang apa yang dapat dilakukan komputer modern saat ini. Mesin Leibnitz sangat

kompleks, dan dapat menghitung rumus aljabar lalu mencetak jawabannya. (Clymer, 1993).

## **2. Komputer Elektronik**

Periode Perang Dunia Kedua merupakan tahap perkembangan komputer yang signifikan. Saat berlangsungnya perang dunia kedua mulai disadari bahwa komputer dengan kecepatan pemrosesan tinggi bisa sangat berguna. Sebuah proyek bertajuk ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) pertama kali diusulkan pada tahun 1942 oleh J. Presper Eckert. John Mauchly, yang juga terlibat dalam proyek ini, adalah orang pertama yang mempelajari kemungkinan komputer modern. ENIAC adalah komputer digital berkecepatan tinggi pertama yang mampu diprogram ulang untuk menyelesaikan berbagai masalah komputasi. Mesin ini juga merupakan komputer pertama yang menggunakan elektronik.

Meskipun ENIAC adalah mesin yang hebat dan merupakan langkah maju dalam komputasi, namun ada kelemahannya. Jumlahnya tidak banyak, memakan listrik dalam jumlah besar yang menyebabkan meredupnya cahaya di kota-kota terdekat, membakar sebagian komputer. Semakin matangnya era komputer juga ditandai dengan diperkenalkannya transistor. Hal ini sangat meningkatkan kecepatan dan efisiensi komputer. John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley dari Bell Telephone Laboratories pertama kali mendemonstrasikan efek transistor pada tanggal 23 Desember 1947. Laboratorium tidak lagi menjadi rumah bagi teori komputasi, tetapi sekarang komputasi teknis.

Teori komputasi telah berpindah ke universitas. Komputer digital otomatis berkecepatan tinggi kini menjadi sasaran di seluruh dunia. Permulaan tahun 1950-an merupakan masa transisi dari perusahaan lama yang sudah mapan menjadi perusahaan komputer baru. Perusahaan-perusahaan ini sekarang akan fokus langsung pada era komputer, daripada menggunakan komputer sebagai alat bantu tambahan.

Secara keseluruhan, komputer elektronik awal merupakan rangkaian rangkaian peralihan. Sekali lagi, pekerjaan yang biasa dilakukan

komputer elektronik telah berubah secara signifikan dengan hadirnya komputer seperti motor starter dan sistem pemrosesan data otomatis yang secara langsung dapat direpresentasikan sebagai komputer oleh para ilmuwan. Komputer elektronik adalah perangkat yang memproses penggunaan informasi atau banyak fungsi berikut: logika, aritmatika, penyimpanan, pengambilan, pergerakan informasi dan manajemen. Rangkaian saklar elektronik mulai menggantikan untuk operasi komputasi inilah yang menjadikan komputer merupakan perluasan dari mesin sebelumnya.

Pada tahun 1930-an terdapat berbagai mesin yang dianggap sebagai oatmeal dan komputer elektronik sedang dalam proses. Sebagai contoh, penganalisis diferensial adalah komputer mekanis yang dapat menggerakkan persamaan integral dengan sejumlah besar penjumlahan mekanis yang saling terhubung menggunakan strategi aritmatika dengan perbedaan. Mesin-mesin ini dengan mekanisme tertentu bisa mengimplementasikan logika simbolik, tetapi sebagian besarnya merupakan perangkat murni untuk perhitungan numerik dan tidak memanipulasi informasi tertulis atau elektronik.

Dalam perkembangan selanjutnya komputer elektronik lebih sering disebut sebagai komputer digital. Komputer digital adalah komputer yang merepresentasikan data dalam bentuk bilangan diskrit dan memproses data menggunakan operasi aritmatika standar. Komputer digital dapat digunakan dalam jumlah aplikasi yang tidak terbatas (Of & Education, 1975).

Tabel 1.1. Perbedaan komputer Analog dengan Digital

No.	Komputer Analog	Komputer Digital
1	Mewakili pengukuran berkelanjutan besaran fisika mis. rotasi, tegangan, suhu, dll.	Mewakili angka dengan kode pola diskrit
2	Akurasi sangat terbatas	Akurasi tidak terbatas
3	Mewakili fisika atau matematika	Mewakili angka, huruf, symbol dan lainnya
4	Penyimpanan data tersebar di berbagai tempat, perangkat yang tidak dapat dipertukarkan	Penyimpanan data terkonsentrasi di berbagai tempat atau ruang dan bahkan tersedia penyimpanan awan, dapat dipertukarkan dan tidak terbatas durasi
5	Elemen berbeda yang digunakan untuk masing-masing elemen operasi	Elemen identik digunakan secara berurutan
6	Menyusun analogi masalah	Memecah masalah menjadi operasi aritmatika
7	Paling cocok untuk mewakili kuantitas terukur dan mensimulasikan respons sistem fisik dengan analogi matematika	Paling cocok untuk menangani proses diskrit acak, data statistik, dan numerik masalah bisnis serta ilmiah dan fenomena alam
8	Berfungsi sebagai model dan encerminkan hubungan dari sistem sebenarnya	Komputer digital menggabungkan aritmatika data, tidak terkait dengan sistem yang diwakilinya
9	Operasi biasanya dilakukan secara	Waktu operasi biasanya tidak sesuai dengan waktu nyata

	real-time dari sistem fisik .	
10	Relatif sedikit perangkat yang digunakan dan pemrograman lebih mudah	Banyak perangkat yang dibutuhkan dan sulit pemrograman
11	Operasi dasar dilakukan oleh relatif sedikit yang 'single-purpose' perangkat (integrators, multipliers, magnitude-comparators), dll.	Operasi yang dilakukan relatif banyak perangkat aritmatika yang dapat dipertukarkan seperti sebagai penambah, register, akumulator, dll.

Sumber : Copyright © 2020, Maharshi Dayanand University, ROHTAK

### 3. Kemajuan perangkat keras

Kemajuan perangkat keras komputer telah menjadi faktor penting dalam perluasan teknologi komputer. Pada bagian ini, fokus utama adalah pada evolusi perangkat keras komputer, tempat komputer menyimpan dan mengambil informasi. Teknologi komputer yang paling mendasar adalah perubahan cara pengiriman dan penyimpanan data. Perubahan-perubahan ini penting karena terjadi dengan sangat cepat, misalnya melalui beberapa revolusi total dalam waktu kurang dari satu generasi manusia. Bagian ini menjelaskan bagaimana perubahan perangkat keras ini mempengaruhi penelitian ilmu komputer. CPU telah menjadi elemen yang sangat menarik dalam teknologi komputer selama beberapa tahun terakhir. Mereka telah memenuhi ramalan Moore dalam hal peningkatan kekuasaan secara pesat, dan melakukannya dengan biaya yang semakin murah.

Hal ini disebabkan oleh miniaturisasi teknologi yang digunakan untuk membuat prosesor, sehingga memfasilitasi tren yang sudah umum terjadi yaitu chip prosesor menjadi lebih kecil dan lebih murah sekaligus menjadi lebih cepat dan lebih bertenaga. Hal ini terutama disebabkan oleh kemajuan fabrikasi mikro semikonduktor, meskipun peningkatan teknologi yang digunakan untuk mengemas dan mendinginkan chip juga berperan. Komputasi berkinerja tinggi adalah bidang di mana evolusi CPU

berdampak besar pada penelitian ilmu komputer (Aditya Abdi et al., 2024). Banyak jenis penelitian dalam ilmu komputer dapat memanfaatkan perangkat keras tercepat yang tersedia, baik untuk meningkatkan kinerja algoritma yang ada atau untuk memungkinkan eksperimen dengan algoritma yang tidak mungkin dilakukan. Peningkatan besar dalam kecepatan dan penurunan biaya perangkat keras CPU telah menghasilkan semacam efek riak di seluruh ilmu pengetahuan, karena komputasi kinerja tinggi menjadi alat yang lebih mudah diakses oleh para peneliti di bidang lain.

#### **4. Perkembangan Sistem Operasi**

Gagasan untuk menyerahkan sebagian kendali pemrograman ke komputer itu sendiri sebenarnya lahir dari digital *general-purpose computer*. Ini merupakan sebuah aspek pemikiran yang biasa disebut konsep program tersimpan. Sejak itu komputer menghitung jauh lebih cepat daripada manusia mana pun, seharusnya program ini mengontrol perhitungan saat menghitung. Langkah logis selanjutnya adalah itu suatu program akan mengontrol program lain. Namun pada tahun-tahun awal, kontrol ini tidak melakukan apa pun selain rutinitas persiapan sederhana atau rutinitas bootstrap. Sejak pertengahan 1950-an dan seterusnya, mesin, pemrograman, dan pengguna berevolusi, ini berubah.

Teknologi memori baru menjadi memungkinkan bekerja secara stabil, baik memori kerja maupun penyimpanan. Pada awal tahun 1950-an, drum magnet murah merupakan pilihan yang baik untuk dikembangkan sebagai media penyimpanan, kapasitas memori kerja yang dapat dialamatkan langsung oleh unit komputasi. Sedangkan untuk media penyimpanan eksternal, diperkenalkannya pita magnetik sebagai pengganti kartu berlubang atau pita kertas sangat penting untuk pengembangan sistem operasi. Sistem operasi awal sangat erat kaitannya dengan perangkat keras, khususnya berfokus pada manajemen memori dan komunikasi I/O. Mereka sering kali mengintegrasikan bahasa pemrograman, assembler, perpustakaan rutin, dan alat debugging (Bullynck, 2018)

Seiring perkembangan perangkat keras terkair juga perkembangan system operasi. Pada Komputer generasi pertama (1945–1955) menggunakan tabung vakum dan tidak memiliki sistem operasi, dengan pemrograman dilakukan melalui plugboard (Sec., n.d.). EDVAC, salah satu komputer digital elektronik paling awal, menerima sistem operasi pertamanya pada tahun 1953, menampilkan kemampuan sederhana dibandingkan dengan sistem selanjutnya (Reitwiesner, 1997).

Komputer Whirlwind I, yang dikembangkan pada akhir tahun 1940an dan awal tahun 1950an, menggunakan sistem operasi pemrosesan batch yang menggabungkan banyak kemampuan logis yang ditemukan dalam sistem modern (Adams, 1987).

## 5. **Klasifikasi Komputer**

Komputer digital modern diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan kapasitasnya. Ukuran dan kemampuan penanganan data dari berbagai jenis komputer dapat digunakan untuk mengkategorikannya menjadi dua kelompok.

- a. Komputer menurut kapasitasnya dalam mengelola data
  - 1) Digital computer.
  - 2) Hybrid computer.
  - 3) Analog computer.
- b. Komputer menurut tujuan penggunaan
  - 1) General Purpose Computer
  - 2) Special Purpose Computer
- c. Komputer berdasarkan ukuran dan kapasitasnya
  - 1) Supercomputer.
  - 2) Mainframe computer.
  - 3) Personal computer.
  - 4) Workstation.
  - 5) Minicomputer.



Gambar 1.1. Klasifikasi Komputer

Sumber : [www.educatecity.com](http://www.educatecity.com)

a. Dalam kapasitas untuk mengolah data komputer diklasifikasikan dalam katagori :

1) Komputer Analog

Komputer ini dibuat untuk mengukur besaran fisika seperti tekanan, suhu, panjang, tinggi dan sebagainya serta menyatakan hasilnya dalam bentuk angka. Komputer analog digunakan dalam bidang sains dan teknik karena dimensinya lebih banyak digunakan di bidang tersebut.

2) Komputer Digital

Dari pengertiannya komputer digital berasal dari kata Digit artinya angka, artinya komputer digital adalah komputer yang menghitung angka. Komputer digital memiliki dua digit 0 dan 1, yang disebut sistem bilangan biner, yang bekerja berdasarkan angka-angka tersebut. Dua digit ini disebut bit. Komputer digital digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pendidikan, perbankan, hiburan bisnis, dll. dan sangat populer sampai saat ini.

3) Komputer Hibrida

Komputer yang mempunyai karakteristik komputer analog dan digital disebut komputer hybrid. Komputer hybrid banyak digunakan dalam pengobatan seperti tekanan darah pasien, Untuk mengukur detak jantung, dll. Pertama-tama kita mengubah data analog menjadi data digital menggunakan komputer hybrid dan kemudian hasilnya ditampilkan di layar dalam bentuk digital.

b. Komputer menurut tujuan penggunaan

1) General Purpose Computer

Komputer general purpose umumnya digunakan di usaha UMKM, sekolah, toko-toko dan rumah. Seperti menulis surat, menyiapkan dokumen, mencetak dokumen, dll.

2) Special Purpose Computer

Komputer Tujuan Khusus biasanya digunakan untuk tujuan khusus Special Purpose Computer digunakan dalam meteorologi, agronomi, perang dan luar angkasa dll.

c. Komputer berdasarkan ukuran dan kapasitasnya

1) Super computer

Komputer yang paling efisien dalam hal pemrosesan data dan kinerja adalah superkomputer. Komputer ini digunakan untuk tujuan penelitian dan eksplorasi. Superkomputer sangatlah besar dan sangat mahal. Superkomputer digunakan untuk berbagai tugas, seperti eksplorasi ruang angkasa, penelitian seismik, dan pengujian senjata nuklir.



Gambar 1.2. Super Computer rancangan Sperry-Rand 1964 Control Data Corporation (CDC-6600)

Fitur yang ada pada Superkomputer:

- Super komputer memanfaatkan AI (Kecerdasan Buatan)
- Super komputer adalah komputer yang tercepat dan terkuat;
- Harganya sangat mahal.
- Ukurannya sangat besar.
- Super komputer dipergunakan oleh perusahaan yang memproduksi barang.
- Super komputer dapat memproses informasi dengan kecepatan tinggi.

## 2) Mainframe

Mainframe adalah komputer dengan kecepatan dan kapasitas lebih tinggi daripada komputer mini. Komputer-komputer ini berukuran sangat besar dan memiliki kemampuan memproses data dalam jumlah besar dengan cepat. Komputer ini digunakan untuk menyimpan data di perusahaan besar. Mikrokomputer digunakan sebagai klien di komputer ini Sebuah komputer main-frame dapat menghubungkan lebih dari seribu

workstation jarak jauh dengannya, kecepatannya diukur dalam satu juta instruksi dalam hitungan detik.

Contoh komputer mainframe adalah sebagai berikut – IBM 4381, ICL 39, CDC Cyber, dll



Gambar 1.3. Mainframe IBM 4381

Meskipun kurang efisien dibandingkan superkomputer, komputer mainframe tetap saja sangat mahal. Perusahaan besar dan organisasi pemerintah sering kali menggunakan komputer mainframe untuk menjalankan operasi sehari-hari. Mereka memiliki kemampuan untuk menyimpan dan menganalisis banyak data. Untuk menjaga informasi tentang pelanggan, pelajar, dan pemegang polis asuransi, bank, perguruan tinggi, dan perusahaan asuransi memanfaatkannya. Mereka juga dapat bertindak sebagai server dalam lingkungan jaringan. Ratusan pengguna dapat dikelola secara bersamaan oleh mereka.

Fitur Komputer Mainframe:

- Mainframe mempunyai memori yang sangat besar.
- Mainframe mampu menjalankan beberapa sistem operasi yang berbeda.
- Mainframe memiliki sejumlah besar CPU dengan kecepatan pemrosesan yang kuat.

### 3) Mini Komputer

Komputer mini digunakan oleh usaha kecil dan menengah dibidang perdagangan dan industri. Mereka menggunakan istilah "Komputer Kelas Menengah". Komputer mini ini sering kali memiliki beberapa pengguna, sama seperti komputer mainframe. Meskipun beberapa komputer mini dirancang untuk satu pengguna tetapi sebagian besar dirancang untuk menangani banyak pengguna terminal. Komputer mini biasanya digunakan sebagai server di lingkungan jaringan dan ratusan komputer pribadi dapat dihubungkan ke jaringan dengan komputer mini yang bertindak sebagai server mainframe, komputer mini digunakan sebagai server web.

Komputer mini pengguna tunggal digunakan untuk tugas desain yang canggih. Komputer mini adalah komputer multiprosesor dan multiuser berukuran sedang. Komputer ini memiliki kecepatan dan memori yang sedikit lebih tinggi dibandingkan mikro komputer. Mereka mungkin memiliki lebih dari satu CPU. Harganya lebih mahal dibandingkan mikrokomputer.

Mini komputer merupakan komputer yang digunakan sebagai komputer server di Perusahaan dan kantor pemerintahan. Mini komputer PDP-8 pertama yang dikembangkan pada tahun 1975 Itu dibangun oleh perusahaan DEC. (Digital Equipment Corporation). Kemudian IBM Corporation mengembangkan untuk seri AS/400, Perusahaan Data General Corporation dan Prime Computer juga merancang komputer mini.



Gambar 1.4. DEC PDP-8

Fitur Mini komputer:

- Mini Komputer lebih kecil dari mainframe atau superkomputer dalam hal ukurannya.
- Mini Komputer dibandingkan dengan mainframe atau superkomputer, biayanya lebih murah.
- Mini Komputer mampu melakukan banyak pekerjaan sekaligus.
- Mini Komputer dapat digunakan oleh beberapa pengguna secara bersamaan.
- Mini Komputer dimanfaatkan oleh usaha kecil dan menengah.

#### 4) Mikro Komputer/Personal Computer

Pada awalnya komputer ini bersifat stand-alone, karena hanya satu orang yang dapat bekerja dengan komputer ini dalam satu waktu dan sifatnya adalah personal. Oleh karena itu mikro komputer sering juga disebut dengan personal computer (PC). Komputer ini disebut komputer mikro bukan semata karena komputer ini menggunakan mikroprosesor tetapi juga karena berukuran lebih kecil dibandingkan komputer lain sehingga

dapat ditaruh di meja belajar dan tas kerja. Sistem kerja mereka hampir seperti komputer besar tetapi ukurannya lebih kecil.

Salah satu keuntungan menggunakan PC adalah memungkinkan melakukan berbagai pekerjaan, seperti pengolahan kata, spread sheet, desain grafis, pemrograman dan bermain game. Spesifikasi PC juga sangat fleksibel dapat disesuaikan, yang berarti Anda dapat meningkatkan dan memodifikasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk memenuhi kebutuhan spesifik Anda. Selain itu, harga PC seringkali lebih terjangkau dibandingkan jenis komputer lainnya. Dari bentuk dan kegunaannya PC dapat dikelompokkan dalam :

- Desktop Computer  
Personal Komputer yang dirancang untuk diletakkan di satu tempat dan dapat diletakkan di atas atau di bawah meja. Komputer ini biasanya memiliki monitor, keyboard, mouse, dan CPU unit.
- Laptop Computer  
Personal Komputer yang sifatnya portabel dengan ukuran kecil dan cukup tipis dan ringan serta layar dan keyboardnya dapat dilipat, dapat diletakkan di pangkuan dengan tenaga baterai.
- Tab atau komputer tablet  
Komputer tablet dimana semua layer permukaannya berupa layer sentuh sebagai piranti masukan dengan menggunakan stilus, pena digital, atau ujung jari, alih-alih menggunakan keyboard atau mouse.
- Smart Phone  
Gawai pintar yang umum dipakai sebagai telpon genggam walaupun fungsinya sudah menyamai personal komputer dengan ukuran yang lebih kecil dan praktis untuk situasi bergerak.

## 6. Generasi Komputer

Seiring dengan perjalanan waktu komputer modern telah mengalami perkembangan dari generasi ke generasi baik berkembang dalam hal kecepatan, keakuratan, ukuran dan harga. Revolusi besar dalam teknologi elektronika yang menjadi cikal bakal komputer elektronik terjadi dengan di temukannya transistor di Bell Labs pada tahun 1947 sebagai penggantian tabung vakum oleh transistor. Transistor, yang lebih kecil, lebih murah, dan menghasilkan lebih sedikit panas dibandingkan tabung vakum, Namun, baru pada akhir tahun 1950-an, transistorisasi sepenuhnya terjadi komputer tersedia secara komersial(Stallings, 2016). Penggunaan transistor mendefinisikan komputer generasi kedua. Klasifikasi komputer telah diterima secara luas menjadi beberapa generasi berdasarkan teknologi perangkat keras dasar yang digunakan.

Dalam perkembangannya sampai tahun 2024 ada pengelompokan lima generasi komputer yang telah dilakukan. Proyek Komputer Generasi Kelima, dimulai di Jepang pada tahun 1982, bertujuan untuk mengembangkan komputer generasi baru yang berfokus pada pemrosesan data non-numerik, manipulasi simbol, dan kecerdasan buatan. Komputer generasi kelima dianalogikan dengan blok penyusun LEGO, dengan setiap blok berhubungan dengan komputer mikro dan sekelompok blok yang bekerja bersama sebagai sistem komputer. Komputer-komputer ini akan mewakili penyatuan bidang penelitian yang saat ini terpisah dalam pemrosesan paralel dan prosesor VLSI(Moto-oka & Stone, 1984). Pemrosesan paralel berdasarkan organisasi komputer berbasis data dan berbasis permintaan sedang diselidiki di lebih dari tiga puluh laboratorium di Amerika Serikat, Jepang, dan Eropa.

Evolusi Komputer adalah sistem kompleks yang menggabungkan beragam teknologi. Biasanya, teknologi elektronik digunakan untuk komputasi, magnetik untuk penyimpanan jangka panjang dan elektromekanis untuk input/output. Evolusi struktur komputer biasanya berkorelasi dengan teknologi yang tersedia (Siewiorek et al., 1983).

Pada dasarnya, dalam komputer yang digerakkan oleh data (misalnya aliran data), ketersediaan operan memicu pelaksanaan operasi yang akan dilakukan pada komputer tersebut; sedangkan pada komputer yang digerakkan oleh permintaan (misalnya pengurangan), persyaratan untuk suatu hasil memicu operasi yang akan menghasilkan nilai. Prosesor VLSI memanfaatkan integrasi skala sangat besar dan metodologi desain chip baru yang disederhanakan yang dipelopori di universitas-universitas AS oleh Mead dan Conway, memungkinkan pengguna merancang chip mereka sendiri. Prosesor VLSI baru ini dapat diimplementasikan dengan sel sederhana yang direplikasi dan menggunakan pipeline ekstensif serta multiprosesor untuk mencapai kinerja tinggi (Treleaven & Lima, 1982)

Mesin Analitik desain dari Profesor Charles Babbage menjadi dasar kerangka dasar komputer masa kini. Secara umum, komputer dapat diklasifikasikan menjadi lima generasi. Setiap generasi berlangsung selama jangka waktu tertentu dan masing-masing memberi lompatan teknologi yang signifikan dan penyempurnaan dari teknologi komputer yang sudah ada.

Generasi -generasi tonggak perkembangan komputer adalah sebagai berikut:

### **I. Generasi pertama : Tabung Vakum (1937 – 1946)**

Komputer generasi pertama menggunakan tabung vakum untuk elemen logika digital dan Penyimpanan. Sejumlah penelitian dan kemudian komputer komersial dibuat menggunakan tabung vakum. Pendekatan desain mendasar yang pertama kali diterapkan pada komputer IAS adalah dikenal sebagai konsep penyimpanan-program, ide ini biasanya dikaitkan dengan ahli matematika John von Neuman. Alan Turing juga mengembangkan idenya pada waktu yang hampir bersamaan. Publikasi pertama dari ide tersebut adalah pada proposal tahun 1945 oleh von Neumann untuk sebuah ide baru komputer, EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer). Pada tahun 1946, von Neumann dan rekan-rekannya memulai desain gudang baru. Program komputer, disebut sebagai komputer IAS, di Princeton Institute for Advanced Studies. Komputer

IAS, meskipun terus dikembangkan sampai tahun 1952, adalah prototipe dari komputer dari pengembangan komputer berikutnya. Struktur komputer IAS terdiri dari Memori utama, yang menyimpan data, instruksi dan Unit aritmatika dan logika (ALU) yang mampu beroperasi pada data biner, Unit kontrol, yang menafsirkan instruksi dalam memori dan akan dieksekusi, Input/Output (I/O) peralatan yang dioperasikan oleh unit kontrol, (Stallings, 2016).

Komputer digital generasi pertama mulai dikembangkan pada tahun 1937 oleh Dr. John V. Atanasoff dan Clifford Berry. Komputer ini disebut Komputer Atanasoff-Berry. Pada tahun 1943 sebuah komputer elektronik bernama Colossus dibuat untuk militer. Perkembangan lainnya berlanjut hingga pada tahun 1946 mulai dikembangkan konsep komputer digital, Integrator dan Kalkulator Numerik Elektronik (ENIAC). Komputer ENIAC ini berbobot 30 ton dan mempunyai 18.000 tabung hampa yang digunakan untuk pengolahan. Komputer generasi ini hanya dapat melakukan satu tugas, dan mereka tidak memiliki sistem operasi.

Karakteristik komputer generasi 1:

- 1) Ukuran komputer-komputer ini sama besarnya dengan ukuran sebuah ruangan.
- 2) Menggunakan komponen utama Tabung Vakum untuk melakukan perhitungan.
- 3) Menggunakan instruksi yang disimpan secara internal yang disebut program.
- 4) Menggunakan kapasitor untuk menyimpan data dan informasi biner.
- 5) Menggunakan kartu berlubang untuk komunikasi data input dan output dan informasi
- 6) Boros sumber daya Listrik menghasilkan banyak panas.
- 7) Memiliki sekitar seribu 1000 sirkuit per kaki kubik
- 8) ENIAC memiliki kemampuan pemrosesan yang mengesankan untuk zamannya, dapat melakukan sekitar 5.000 operasi per deti.

Contoh perangkat komputer generasi pertama:

- 1) Mark I dikembangkan oleh Aiken pada tahun 1944.
- 2) Electronic Numerical Integrator and Calculator (ENIAC) dibangun di Sekolah Teknik Moore dari Universitas Pennsylvania pada tahun 1946 oleh J.Presper Eckert dan William Mauchley.
- 3) Electronic Discrete Variable Automatic Computer (EDVAC) dikembangkan pada tahun 1947 oleh Eckert dan Mauchley.

## **II. Generasi kedua : Transistor (1947 – 1962):**

Komputer generasi kedua menggunakan transistor sebagai pengganti tabung vakum yang lebih dapat diandalkan. Transistor ditemukan di Bell Labs pada tahun 1947 dan pada tahun 1950an telah berubah menjadi sebuah revolusi elektronik. Namun, baru pada akhir tahun 1950-an, transistorisasi tersedia sepenuhnya mendukung komputer secara komersial. Pada tahun 1951 komputer pertama untuk penggunaan komersial adalah diperkenalkan kepada Masyarakat yaitu Universal Automatic Computer (UNIVAC 1). Tahun 1953 komputer seri International Business Machine (IBM) 650 dan 700 membuat jejak mereka di dunia komputer. Pada generasi komputer ini lebih dari 100 bahasa pemrograman komputer dikembangkan, komputer telah memiliki memori dan sistem operasi. Media penyimpanan seperti tape dan disk mulai digunakan juga perancangan printer untuk keluaran.

Karakteristik:

- 1) Dimensi komputernya masih besar, tapi sudah lebih kecil dari generasi komputer pertama.
- 2) Mulai menggunakan transistor sebagai pengganti Tabung Vakum sebagai komponen utama untuk melakukan perhitungan.
- 3) Komputer dengan transistor diproduksi dengan biaya lebih rendah dibandingkan dengan komputer generasi pertama.
- 4) Menggunakan pita magnetik untuk penyimpanan data.

- 5) Menggunakan kartu berlubang sebagai masukan dan keluaran data dan informasi. Penggunaan keyboard sebagai alat input pun mulai diperkenalkan.
- 6) Komputer-komputer ini masih menghasilkan banyak panas, AC diperlukan untuk menjaga suhu tetap dingin.
- 7) Komputer ini memiliki sekitar seribu sirkuit per kaki kubik.

Contoh perangkat komputer generasi pertama:

- 1) Lепrechaun, IBM dibuat Bell Laboratories tahun 1947
- 2) Transis buatan Philco, GE and RCA.
- 3) UNIVAC 1107, UNIVAC III.
- 4) RCA 501.

### **III. Komputer generasi ketiga : Integrated Circuits (1960–an hingga 1970–an)**

Satu, diri sendiri terkandung transistor disebut komponen diskrit. Selama pada tahun 1950an dan awal 1960an, peralatan elektronik sebagian besar terdiri dari peralatan diskrit komponen—transistor, resistor, kapasitor, dan sebagainya. Komponen diskrit adalah diproduksi secara terpisah, dikemas dalam wadahnya sendiri, dan disolder atau dijumper dengan kabel. Pada tahun 1950–an dan awal 1960–an, peralatan elektronik sebagian besar terdiri dari peralatan diskrit komponen— transistor, resistor, kapasitor, dan sebagainya. Komponen diskrit adalah diproduksi secara terpisah, dikemas dalam wadahnya sendiri, dan disolder atau dihubungkan bersama ke Masonite—menggunakan papan sirkuit, yang kemudian dipasang di komputer, osiloskop, dan peralatan elektronik lainnya. Setiap kali perangkat elektronik menggunakan transistor, tabung kecil dari logam yang berisi pinhead yang punya potongan silikon untuk disolder ke papan sirkuit. Seluruh proses pembuatannya, dari transistor ke papan sirkuit, mahal dan tidak praktis. Fakta kendala dalam produksi ini mulai menimbulkan masalah dalam industri komputer Ketika berawal dari generasi komputer yang di produksi mulai berisi sekitar 10.000 transistor.

Angka tersebut bertambah hingga ratusan ribu, membuat pembuatannya menjadi lebih baru dan lebih banyak perlu mesin pembuat dan cara membuatnya semakin sulit.

Era mikro elektronik dimulai tahun 1958 merupakan pencapaian revolusi elektronik ditandaia denagn penemuan sirkuit terpadu (*integrated circuit/IC*). Penemuan sirkuit mendefinisikan komputer generasi ketiga. Pada bagian ini, kami menyediakan pengenalan singkat tentang teknologi sirkuit terpadu. Komputer generasi ketiga yang merupakan generasi awal komputer yang menggunakan sirkuit terpadu adalah IBM System/360 dan DEC PDP-8 (Stallings, 2016). Dengan penemuan ini komputer menjadi lebih kecil, lebih bertenaga, dan lebih bertenaga dapat diandalkan dan mampu menjalankan banyak program berbeda secara bersamaan (Tallings & Stallings, 2012).

Karakteristik momputer generasi ketiga :

- 1) Menggunakan sirkuit terpadu berskala besar, yang digunakan untuk pemrosesan dan penyimpanan data.
- 2) Komputer diperkecil, yaitu diperkecil ukurannya dibandingkan generasi sebelumnya.
- 3) Keyboard dan mouse digunakan untuk input saat monitor digunakan sebagai perangkat keluaran.
- 4) Mulai dikembangkan dan menggunakan bahasa bahasa pemrograman seperti COBOL dan FORTRAN
- 5) Memiliki ratusan ribu sirkuit per kaki kubik.

Contoh komputer generasi ketiga :

- 1) Burroughs 6700, Mini Komputer
- 2) Honeywell 200
- 3) Sistem IBM/360
- 4) UNIVAC seri 9000

#### **IV. Komputer Generasi keempat : Mikroprosesor (1970–an hingga sekarang)**

Setelah generasi ketiga, terdapat sedikit kesepakatan umum mengenai definisi generasi komputer selanjutnya. Penemuan mikroprosesor oleh Intel pada tahun 1971 mengubah industri komputer dengan memungkinkan pemrosesan data yang lebih *powerfull* dalam perangkat yang jauh lebih kecil. Ini adalah tonggak penting dalam membangun PC modern, laptop, dan perangkat pintar lainnya.

Selain generasi ketiga, terdapat sedikit kesepakatan umum mengenai definisi generasi komputer. terdapat sejumlah generasi selanjutnya, berdasarkan kemajuan teknologi sirkuit terpadu. Dengan diperkenalkannya large-scale integration (LSI), lebih dari 1.000 komponen dapat ditempatkan dalam satu keping chips circuit. Very large-scale integration (VLSI) mencapai lebih dari 10.000 komponen per chip, sedangkan ultra large-scale integration (ULSI) bisa mengandung lebih dari satu miliar komponen.

Seiring dengan pesatnya laju teknologi, tingginya tingkat pengenalan produk baru dan pentingnya perangkat lunak dan komunikasi serta perangkat keras klasifikasi berdasarkan generasi komputer menjadi sedikit rancu dan menjadi kurang jelas. Pada perkembangan selanjutnya ada dua perkembangan terpenting pada generasi selanjutnya yaitu memori semikonduktor dan Penerapan pertama teknologi sirkuit terpadu. untuk komputer adalah pembangunan prosesor (unit kontrol dan unit aritmatika dan logika) dari chip sirkuit terpadu.

Namun ditemukan juga hal tersebut teknologi yang sama ini dapat digunakan untuk membangun memory. Pada tahun 1950an dan 1960an, sebagian besar memori komputer dibuat dari ukuran kecil cincin dari bahan feromagnetik, masing-masing berdiameter sekitar seperenam belas inci. Cincin-cincin ini digantung pada kisi-kisi kabel halus yang digantung pada layar kecil di dalamnya komputer. Dimagnetisasi ke satu arah, sebuah cincin (disebut inti) melambangkan satu; termagnetisasi sebaliknya, itu berarti nol.

Magnetik–inti ingatannya agak cepat; hanya diperlukan sepersejuta detik untuk membaca sedikit yang tersimpan dalam memori.

Lompatan teknologi didalam mikro prosesor juga salah satunya karena adanya permasalahan untuk terus mengurangi waktu respons suatu program berjalan pada prosesor tunggal (uni processor), pada tahun 2006 semua perusahaan desktop dan server menjalankannya mengirimkan mikroprosesor dengan banyak prosesor per chip, yang merupakan keuntungannya sering kali lebih mengandalkan throughput daripada waktu respons. Untuk mengurangil kebingungan di antara pengolah kata dan mikroprosesor, perusahaan menyebut prosesor sebagai “core” dan mikroprosesor tersebut secara umum disebut mikroprosesor multicore. Oleh karena itu, Mikroprosesor “quadcore” adalah sebuah chip yang berisi empat prosesor atau empat inti (Patterson & Hennessy, 2014).

Sebagai hasil dari kemajuan teknologi yang pesat di bidang 21, bidang–bidang yang berkaitan dengan telekomunikasi dan informasi mengalami konvergensi dengan cepat dan batasan perbedaan antara mengumpulkan, mengangkut, menyimpan dan pemrosesan informasi dengan cepat menghilang. Organisasi dengan ratusan kantor yang tersebar di wilayah geografis yang luas secara rutin diharapkan mampu untuk memeriksa status terkini bahkan dari pos terdepan mereka hanya dengan menekan sebuah tombol. Seiring dengan meningkatnya kemampuan kita untuk mengumpulkan, memproses, dan mendistribusikan informasi, permintaan akan hal ini meningkat karena pemrosesan informasi yang semakin canggih akan tumbuh semakin cepat (TANENBAUM & WETHERALL, 2011).

## **V. Perkembangan Jaringan dan Internet (1980–an hingga sekarang)**

Era ini ditandai dengan penyebaran jaringan komputer dan perkembangan Internet, yang mengubah cara komputer berkomunikasi dan berbagi informasi secara global. Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), khususnya Internet, telah memainkan peran

penting dalam kemajuan ekonomi, politik, dan budaya sejak tahun 1980an(Cukor & McKnight, 2005). Teknologi ini memfasilitasi pertukaran pengetahuan, menciptakan peluang kerja, dan mendorong perdagangan internasional. Secara keseluruhan, pertumbuhan dan dampak Internet terhadap pembangunan global sangatlah signifikan sejak tahun 1980an. Teknologi jaringan dan Internet telah merevolusi komunikasi dan berbagi informasi. World Wide Web telah menjadi platform penting untuk mengakses aplikasi yang kompleks dan mengelola jaringan. Teknologi Internet menawarkan solusi terhadap masalah manajemen jaringan yang menantang, dengan memanfaatkan antarmuka pengguna Web dan kompatibilitas lintas platform (Barillaud et al., 1997). Jaringan komputer dengan protokol Internet mencakup berbagai aspek, termasuk aplikasi, protokol transport, kualitas layanan, perutean, dan keamanan(Stallings, 2016). Konvergensi berbagai jenis jaringan komunikasi ke dalam satu platform mewakili fase pertama dalam membangun jaringan informasi cerdas. Saat ini kita berada dalam fase evolusi jaringan. Fase selanjutnya adalah mengkonsolidasikan tidak hanya berbagai jenis pesan ke dalam satu jaringan tetapi juga mengkonsolidasikan aplikasi yang menghasilkan, mengirimkan, dan mengamankan pesan ke perangkat jaringan terintegrasi (Cisco-2024).

## **VI. Komputasi Paralel dan Cloud Computing (1990–an hingga sekarang)**

Pengembangan teknologi komputasi paralel dan konsep cloud computing telah memungkinkan pengolahan data yang lebih cepat dan penyimpanan yang lebih fleksibel melalui penggunaan server terpusat. Komputasi paralel dan cloud telah muncul sebagai alat yang ampuh untuk memproses data omics dan kesehatan berskala besar. Komputasi paralel memungkinkan prapemrosesan dan analisis kumpulan data kompleks yang efisien menggunakan algoritma berkinerja tinggi (Agapito et al., 2017).

Komputasi awan mewakili evolusi komputasi paralel, terdistribusi, dan grid, yang menawarkan penyimpanan, pemrosesan, dan manajemen sumber daya terpusat melalui layanan berbasis internet (Mollah et al., 2012).

Cloud Computing merupakan penyebaran komponen sistem terletak di banyak lokasi, menggunakan banyak komputer, hanya mendistribusikan memori, berkomunikasi melalui penguraian memori. Sedangkan Komputasi Paralel berupa banyak operasi yang dilakukan secara bersamaan, memerlukan satu komputer, dapat didistribusikan atau berbagi memori, prosesor berkomunikasi melalui bus. Teknologi ini telah berkembang dari paradigma sebelumnya seperti komputasi terdistribusi (Padovano, 2021). Pemrosesan paralel terdistribusi dan komputasi awan terdistribusi bertujuan untuk mengoptimalkan alokasi tugas di seluruh server, meningkatkan kinerja sistem (Rashid et al., 2018). Namun, masih terdapat tantangan, termasuk kebutuhan akan keahlian untuk sepenuhnya memanfaatkan sumber daya komputasi yang terkonsolidasi (Padovano, 2021) dan kekhawatiran tentang keamanan data dan privasi, khususnya dalam pengobatan yang dipersonalisasi (Agapito et al., 2017). Arah penelitian masa depan di bidang ini mencakup kemajuan teknologi, penerapan, dan penanganan masalah lintas sektoral (Padovano, 2021).

## **VII. Kecerdasan Buatan (AI) dan Machine Learning (ML)**

Semenjak pandemi covid 19 kreatifitas manusia memanfaatkan teknologi informasi ada kecendrungan mengarah kepada kecerdasan buatan dalam pemrosesan bahasa alami, pengenalan gambar dan ucapan, kendaraan otonom. Perkembangan dalam bidang kecerdasan buatan (AI) dan machine learning (ML) telah membawa kemampuan komputer digital ke paradigma baru. Teknologi ini mencakup pengenalan wajah, bahasa alami, mobil otonom dan banyak lagi. Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (ML) adalah bidang yang berkembang pesat dengan penerapan luas di berbagai domain (Saranya, 2021). AI mencakup sistem yang mampu melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan mirip manusia,

sedangkan ML berfokus pada algoritme yang memungkinkan komputer belajar dari data tanpa pemrograman eksplisit (Rana, 2024).

Seiring dengan kemajuan teknologi, penting untuk mempertimbangkan implikasi etis dan menerapkan praktik pembangunan yang bertanggung jawab untuk memaksimalkan manfaatnya sekaligus meminimalkan potensi konsekuensi negatif (Rana, 2024). Etika AI mencakup dua aspek utama: etika AI, yang melibatkan pengembangan prinsip dan pedoman dan etika AI, yang berfokus pada pembangunan sistem AI yang berperilaku etis (Siau & Wang, 2020).

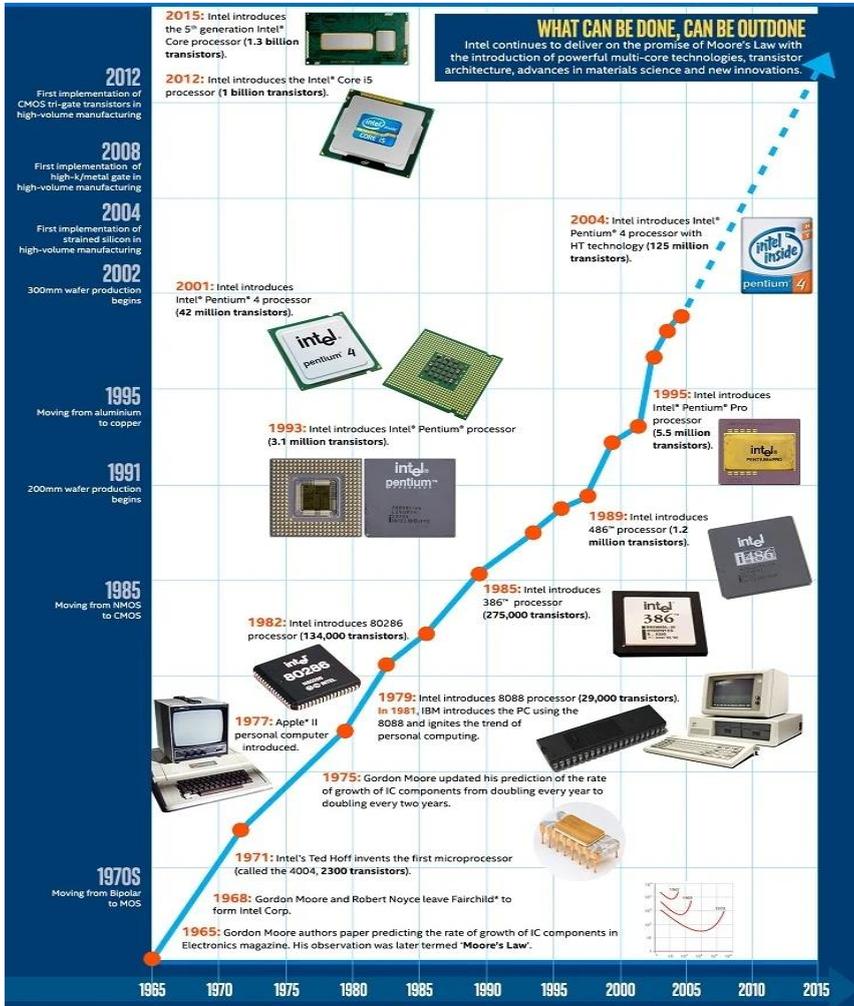
### **VIII. Hubungan Perkembangan Processor dengan hukum Moore**

Hukum Moore telah menjadi prinsip panduan bagi industri semikonduktor selama hampir 60 tahun. Gordon Moore, salah satu pendiri Intel, dalam makalah aslinya yang diterbitkan pada tahun 1965, meramalkan penggandaan jumlah transistor dalam processor. Jumlah transistor pada sirkuit terpadu akan berlipat ganda setiap dua tahun dengan kenaikan biaya yang minimal setiap tahun selama 10 tahun ke depan tetapi 10 tahun kemudian, pada tahun 1975, Moore merevisi prediksi tersebut menjadi dua kali lipat setiap dua tahun.

Hukum Moore telah diperluas melampaui cakupan aslinya, dari biaya produksi chip hingga konsep yang lebih luas seperti kinerja prosesor dan pembangunan sosial. Selain itu, evolusi pesat teknologi semikonduktor terjadi dalam kondisi ekonomi yang unik, dengan pengaruh terbatas dari permintaan ekonomi dan sosial. Ketika semikonduktor menjadi semakin penting dalam perekonomian dan masyarakat, Hukum Moore menjadi kurang dapat diandalkan sebagai prediktor perkembangan di masa depan. Temuan ini menunjukkan perlunya menilai kembali peran dan validitas Hukum Moore dalam pengembangan prosesor kontemporer (Ilkka, 2002).

Integrasi kemampuan pemrosesan sinyal digital (DSP) akan memungkinkan aplikasi tingkat lanjut seperti komunikasi media dan pengenalan suara, bergerak menuju komputasi berbasis pengetahuan dan berpusat pada manusia. Pengembangan prosesor ini akan sangat penting

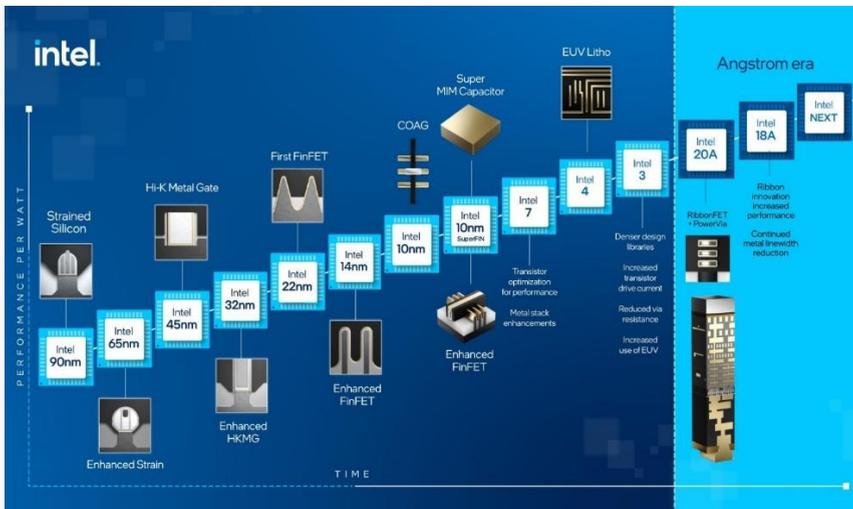
untuk menjaga kemajuan teknologi dan memenuhi tuntutan lanskap komputasi yang terus berkembang (Gelsinger, 2001). Intel secara aktif mengembangkan teknologi prosesor baru untuk mendapatkan kembali keunggulan kompetitifnya. Prosesor terbaru Arrow Lake yang dijadwalkan untuk diluncurkan pada akhir tahun 2024, akan menampilkan transistor baru dan teknologi penyaluran daya (Rak, 2024). Teknologi prosesor baru akan lebih berkembang seperti komputasi kuantum, integrasi AI dan prosesor neuromorfik menjanjikan perubahan dalam lanskap komputasi. Kemajuan ini tidak hanya akan membuat perangkat kita lebih cepat dan lebih bertenaga, namun juga membuka kemungkinan-kemungkinan baru di berbagai industri.



Gambar 1.5. Moore's Law Timeline

<https://www.pcmag.com/news/how-moores-law-changed-history-and-your-smartphone#>

Selama beberapa dekade, industri semikonduktor terus berinovasi untuk memasukkan lebih banyak transistor ke dalam chip yang lebih kecil dan mempertahankan kecepatan Hukum Moore. Insinyur dan ilmuwan Intel terus-menerus menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh sifat fisika material sehingga berhasil memasukkan fitur-fitur pada sebuah chip menyusut hingga seukuran atom.



Gambar 1.6. Inovasi transistor dalam industri mikroprosesor

Sumber: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/opinion/moore-law-now-and-in-the-future.html#gs.bvpxpx>

## RINGKASAN PELAJARAN

Setelah membaca bab ini diharapkan pembaca telah mempelajari hal berikut dalam pelajaran ini:

- ❖ Komputer adalah mesin elektronik yang beroperasi di bawah kendali instruksi, yaitu menerima data masukan, memproses atau memanipulasi data yang diberikan sesuai dengan yang telah ditentukan instruksi dan menyimpan hasilnya untuk digunakan di masa depan.
- ❖ Pada Zaman Kegelapan (5000 SM – 1890 M), semua perangkat komputasi bersifat manual-mekanis. Alam dan semua peralatan pemrosesan data paling awal semuanya merupakan perangkat manual-mekanis. Pada Abad Pertengahan (1890–1944), semua perangkat komputasi bersifat elektro-mekanis
- ❖ Di Era Modern (SEJAK 1944), komputer berubah seiring berjalannya waktu; mereka meningkat dalam kecepatan, kekuatan dan efisiensi.
- ❖ Komputer dapat dibagi menjadi lima generasi tergantung pada teknologi yang digunakan.

Generasi tersebut adalah:

- Generasi Pertama (1946 – 1959)
  - Generasi Kedua (1959 – 1965)
  - Generasi Ketiga (1965 – 1971)
  - Generasi Keempat (1971–hingga sekarang)
- ❖ Penggunaan teknologi AI dan Machine Learning sudah menjadi pencapaian teknologi untuk mempermudah hidup manusia sekaligus tantangan untuk kehidupan manusia terutama tergantikannya beberapa posisi pekerjaan dengan Ai dan robotika.

**Soal-soal Latihan :**

1. Apa itu Komputer? Kemampuan apa yang dimiliki komputer?
2. Apa perbedaan komputer analog dengan komputer digital?
3. Sebutkan kriteria klasifikasi komputer digital.
4. Apakah komputer digital lebih akurat dibandingkan komputer analog? Benarkan jawaban Anda.
5. Diskusikan fitur-fitur penting komputer mikro, mini, mainframe, dan super.
6. Operasi apa saja yang dapat dilakukan komputer?
7. Bagaimana Anda membandingkan manusia dan komputer?
8. Apa saja komponen dasar sistem komputer? Komponen asistem komputer menjalankan program?
9. Mengapa mikrokomputer begitu populer dibandingkan komputer lainnya?
10. Apa itu komputer digital? Berikan anatominya dan jelaskan fungsinya komputer melalui diagram bloknnya.

# BAB II

## DASAR-DASAR ARSITEKTUR DAN ORGANISASI KOMPUTER

### Capaian Pembelajaran :

#### A. Pendahuluan

Bagian awal dari buku ini membahas tentang organisasi dan arsitektur komputer. Setelah menyelesaikan Bab ini, diharapkan mahasiswa dapat:

1. Menyebutkan cakupan materi konsep organisasi komputer
2. Menjelaskan struktur dan fungsi organisasi komputer secara umum

#### B. Penyajian

1. Arsitektur dan Organisasi Komputer
2. Struktur dan Fungsi

### A. Pengertian Umum

Sistem informasi berbasis komputer terdiri dari sejumlah elemen atau bagian-bagian dasar yang berbeda yaitu (Englander, 2014):

#### 1. Elemen data.

Data adalah representasi mendasar dari fakta dan pengamatan. Data diproses oleh sistem komputer untuk memberikan informasi yang sebenarnya alasan keberadaan komputer. Seperti yang Anda ketahui, data bisa memakan banyak waktu berbagai bentuk: angka, teks, gambar, dan suara. Tapi itu semua hanya angka-angka di dalamnya komputer.

#### 2. Elemen perangkat keras.

Perangkat keras komputer memproses data dengan mengeksekusi instruksi, menyimpan data, dan memindahkan data dan informasi antar berbagai macamnya perangkat input dan output yang membuat sistem dan informasi dapat diakses oleh pengguna.

3. Elemen perangkat lunak.

Perangkat lunak terdiri dari sistem dan program aplikasi yang menentukan instruksi yang dijalankan oleh perangkat keras. Perangkat lunak menentukan pekerjaan yang harus dilakukan dan mengontrol pengoperasian sistem.

4. Elemen komunikasi.

Sistem informasi komputer modern bergantung pada kemampuan untuk berbagi operasi pemrosesan dan data di antara komputer dan pengguna yang berbeda, terletak baik secara lokal maupun jarak jauh. Komunikasi data menyediakan kemampuan ini. Kombinasi perangkat keras, perangkat lunak, komunikasi, dan data membentuk arsitektur dari sebuah sistem komputer. Arsitektur sistem komputer sangat mirip baik itu sistemnya adalah playstation, komputer pribadi yang ada di pangkuan Anda saat Anda bekerja, yang tertanam komputer yang mengontrol fungsi di ponsel atau mobil Anda, atau mainframe besar sistem yang sebenarnya tidak pernah dilihat oleh ratusan pengguna yang mengaksesnya setiap hari.

Materi pertama adalah pengenalan tentang Arsitektur dan Organisasi Komputer, pengertian Arsitektur disini mengacu pada atribut sistem yang terlihat oleh programmer atau dengan kata lain atribut itu memiliki dampak langsung pada logika pelaksanaan sebuah program. Misalnya, masalah desain arsitektur apakah komputer akan memiliki banyak instruksi. Arsitektur komputer mencakup spesifikasi suatu instruksi set dan perilaku fungsional unit perangkat keras yang mengimplementasikan instruksi (Hamacher, 2012).

Atribut dari arsitektur Komputer diantaranya: set instruksi, jumlah bit yang digunakan untuk mewakili berbagai jenis data (misal: angka, karakter), mekanisme proses I/O (Input/output), dan teknik untuk pengalamatan memori.

Organisasi komputer menggambarkan unit operasional dan interkoneksi komponen utama penyusun komputer untuk mewujudkan spesifikasi arsitektur tertentu. Entitas yang menandai organisasi komputer

yang tampak kepada seorang programmer, seperti sinyal kontrol; antarmuka antara komputer dan periferal; dan teknologi memori yang digunakan.

Dua unit komputer dengan organisasi yang sama dapat saja mempunyai arsitektur yang berbeda atau sebaliknya misalknya sebagai ilustrasi pabrik komputer menawarkan sekelompok model komputer, yang semuanya memiliki arsitektur yang sama tetapi dengan organisasi yang berbeda. sebagai akibatnya, model – model yang berbeda akan memiliki harga dan karakteristik kinerja yang berbeda

Suatu arsitektur komputer dapat dipakai sebagai standar dalam kurun waktu yang lama dalam dengan sejumlah model komputer yang berbeda, namun organisasinya dapat berubah – ubah menyesuaikan dengan perkembangan teknologi. Pabrik komputer memproduksi sekelompok model komputer dengan arsitektur yang sama tapi berbeda dari segi organisasinya yang berpengaruh kepada harga dan karakteristik unjuk kerja yang berbeda.

Untuk mempertahankan kesesuaian atau kompatibilitas hampir semua processor Intel dari generasi X- 86 sampai generasi pentium memiliki arsitektur dasar yang sama. Processor dari keluarga yang sejenis memiliki fitur “*backwards compatibility mode*” sebagai kemampuan kompatibel dengan sistem sebelumnya. Walaupun keluarga processor yang memiliki persamaan arsitektur belum tentu memiliki persamaan organisasi. Suatu Komputer memiliki organisasi yang unik dimana komputer dapat diproduksi dengan berbagai macam versi sehingga organisasinya akan menyesuaikan dengan versi pembuatannya. Seiring perkembangan teknologi dari sisi organisasi komputer sekaligus mendukung peningkatan arsitektur yang lebih lebih berdaya guna dan kompleks.

## **B. Tujuan Belajar Arsitektur dan Organisasi Komputer**

Mengapa perlu belajar Arsitektur dan Organisasi Komputer, berdasarkan Kurikulum Komputer IEEE/ACM 2001, disiapkan oleh Satuan Tugas Gabungan pada Kurikulum Komputasi IEEE (Institute of

Electrical and Electronics Engineers) Computer Society dan ACM (*Association for Computing Machinery*), mencantumkan komputer arsitektur sebagai salah satu mata pelajaran inti yang harus ada dalam kurikulum semua siswa dalam ilmu komputer dan teknik komputer. Laporan tersebut mengatakan sebagai berikut:

Komputer terletak di jantung komputasi. Tanpa itu sebagian besar disiplin ilmu komputasi saat ini akan menjadi cabang teori matematika. Untuk menjadi seorang profesional di bidang komputasi apa pun saat ini, kita tidak boleh menganggap komputer hanya sebagai kotak hitam yang dijalankan program secara ajaib. Semua siswa komputas harus memperolehnya beberapa pemahaman dan apresiasi terhadap fungsi sistem komponen komputer, karakteristiknya, kinerjanya dan interaksi mereka. Ada implikasi praktisnya juga, siswa perlu memahami arsitektur komputer untuk menyusun struktur sehingga berjalan lebih efisien pada mesin nyata. Dalam memilih suatu sistem yang akan digunakan, mereka harus dapat memahaminya trade off antara berbagai komponen, seperti kecepatan jam CPU vs. ukuran memori.

Publikasi terbaru dari gugus tugas, Pedoman Kurikulum *Computer Engineering* 2004, menekankan pentingnya Arsitektur Komputer dan Organisasi sebagai berikut:

Arsitektur komputer adalah komponen kunci dari teknik komputer dan insinyur komputer yang berpraktik harus memiliki praktik pemahaman tentang topik ini. Ini berkaitan dengan semua aspek desain dan organisasi unit pemrosesan pusat dan integrasinya CPU ke dalam sistem komputer itu sendiri. Arsitektur meluas ke perangkat lunak komputer karena prosesor arsitektur harus bekerja sama dengan sistem operasi dan sistem perangkat lunak. Sulit untuk merancang sistem operasi dengan baik tanpanya pengetahuan tentang arsitektur yang mendasarinya. Apalagi komputer desainer harus memiliki pemahaman tentang perangkat lunak untuk dapat mengimplementasikannya arsitektur yang optimal.

Kurikulum arsitektur komputer harus mencapai banyak hal. Arsitektur komputer harus memberikan gambaran dan mengajari siswa

dalam pengoperasian komputasi yang berbasis mesin. Pembelajaran ini mencakup prinsip-prinsip dasar, sekaligus mengakui kompleksitas sistem komersial yang ada. Idealnya harus diperkuat topik yang umum untuk bidang teknik komputer lainnya; misalnya, pengajaran register pengalamatan tidak langsung memperkuat konsep pointer di CPU. Terakhir, siswa harus memahami caranya berbagai perangkat peripheral berinteraksi, dan bagaimana perangkat tersebut dihubungkan ke CPU.

Secara umum ada beberapa alasan untuk mempelajari dengan pemahaman menyeluruh yang baik tentang konsep-konsep arsitektur komputer akan berguna dalam bidang lain selama belajar atau setelah bekerja di masa depan setelah lulus:

1. Misalkan seorang lulusan memasuki industri dan diminta memilih komputer yang paling hemat biaya untuk digunakan di seluruh organisasi besar. Sebuah pemahaman tentang implikasi pengeluaran lebih banyak untuk berbagai alternatif, seperti pertimbangan berdasarkan pengetahuan sangat penting untuk membuat keputusan tentang kapasitas cache memory yang lebih besar atau kecepatan clock prosesor yang lebih tinggi.
2. Pemilihan berapa banyak prosesor yang digunakan di PC atau server pada embedded systems. Seorang perancang dapat memprogram prosesor dalam CPU yang tertanam dalam beberapa waktu real atau sistem yang lebih besar, seperti pengontrol elektronik mobil yang cerdas. Men-debug sistem mungkin memerlukan penggunaan penganalisis logika yang menampilkan hubungan antara permintaan interupsi dari sensor mesin dan kode tingkat mesin.
3. Konsep yang digunakan dalam arsitektur komputer dapat diterapkan pada mata kuliah lain. Khususnya dalam cara komputer menyediakan dukungan arsitektur bahasa pemrograman dan fasilitas sistem operasi.

## **B. Fungsi dan Struktur Komputer**

Kata Computer berasal dari bahasa Latin yaitu *Computare* yang artinya menghitung. Padanan katanya dalam bahasa Inggris adalah *to*

*compute*. Komputer dalam kamus besar Bahasa Indonesia mendeskripsikan seperangkat alat elektronik otomatis yang dapat menghitung atau mengolah data secara cermat menurut yang diinstruksikan, dan memberikan hasil pengolahan, serta dapat menjalankan sistem multimedia, bagian komputer umumnya memiliki unit pengontrolan, unit masukan, unit keluaran dan unit penyimpanan.

Komputer merupakan suatu mesin penghitung elektronik yang cepat dan dapat menerima informasi masukan secara digital kemudian mengolahnya sesuai dengan program yang disimpan dalam memori dan menghasilkan informasi keluaran. Penting untuk mempertimbangkan aspek perangkat keras dan perangkat lunak dari desain berbagai komponen komputer untuk mendapatkan pemahaman yang baik tentang sistem komputer (Stallings, 2016).

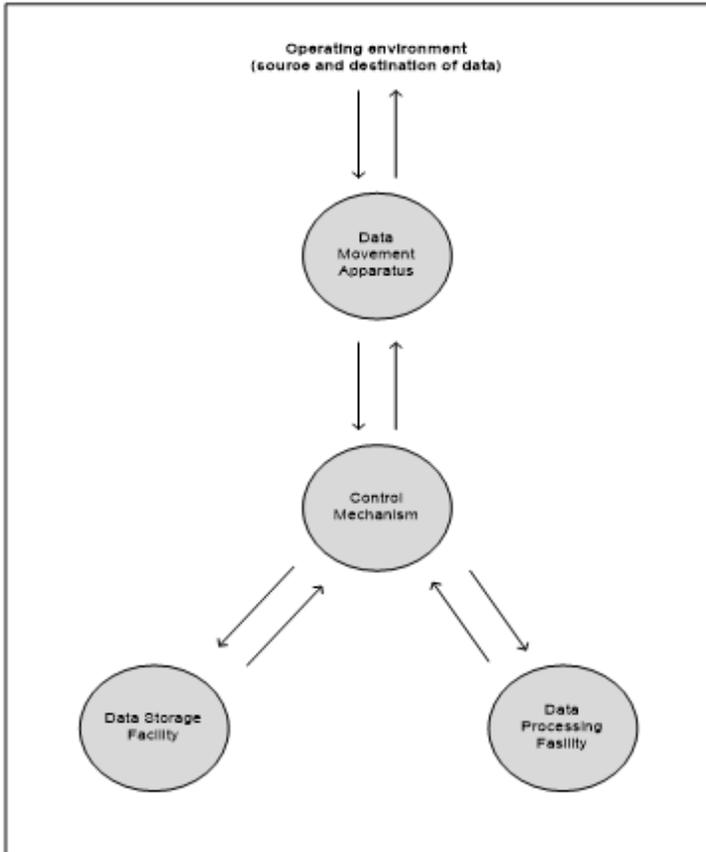
Komputer merupakan seperangkat alat elektronik yang saling bekerja sama, dapat menerima data (input), mengolah data (proses) dan memberikan informasi (output) serta terkoordinasi dibawah kontrol program yang tersimpan di memorinya.

Struktur merupakan cara dimana komponen saling terkait satu sama lainnya dan Fungsi mempunyai pengertian pengoperasian masing-masing komponen sebagai bagian dari struktur

### **1. Fungsi**

Fungsi-fungsi dasar komputer yang dapat dilakukan komputer diperlihatkan pada gambar 2.1. Secara umum semua komputer memiliki 4 fungsi (Hamacher, 2012) :

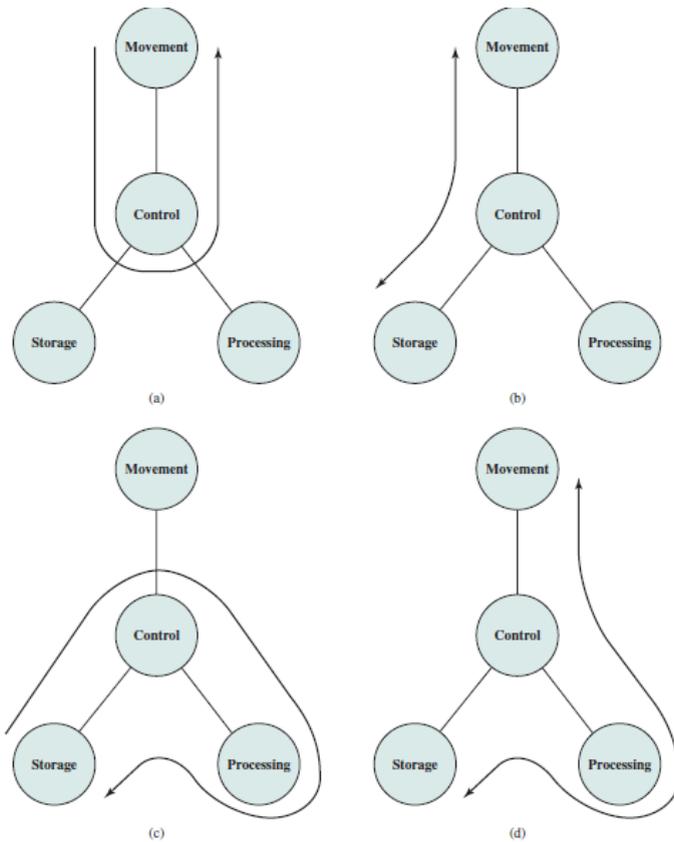
- a. Pengolahan data - Data processing
- b. Penyimpanan data - Data storage
- c. Pemindahan data - Data movement
- d. Kendali - Control



Gambar 2.1 Tampilan Fungsional dan Komputer (Hamacher, 2012)

Komputer bekerja pada pada periode tertentu. Komputer mempunyai fungsi penyimpanan data jangka pendek dan fungsi penyimpanan data jangka panjang. File data disimpan di komputer untuk pengambilan dan pembaruan berikutnya. Komputer harus bisa memindahkan data antara dirinya dan dunia luar. Lingkungan pengoperasian komputer terdiri dari perangkat yang terhubung langsung dengan komputer, prosesnya dikenal sebagai input-output (I/O) perangkat tersebut disebut sebagai peripheral. Bila data dipindahkan dengan jarak lebih jauh, ke atau dari perangkat jarak jauh, prosesnya dikenal sebagai

komunikasi data. Secara lebih mendetail bisa dijelaskan oleh gambar berikut ini



Gambar 2.2. Fungsi Operasi Komputer (Hamacher, 2012)

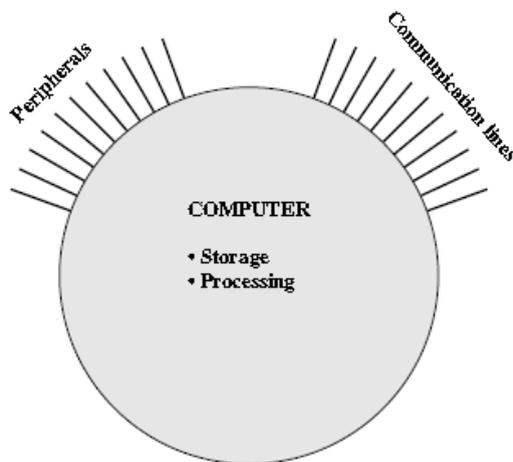
(a) Perpindahan Data (b) Penyimpanan Data (c) Pemrosesan dari dan menuju storage (media penyimpanan) (d) Pemrosesan dari storage ke perangkat I/O

Komputer berfungsi sebagai alat pemindah, pengolah dan penyimpan data, harus ada kontrol terhadap ketiga fungsi ini. Kontrol ini dilakukan oleh individu yang menyediakan petunjuk dengan komputer komputer, unit kontrol mengelola sumber daya komputer dan mengatur kinerja bagian fungsionalnya sebagai respons terhadap instruksi tersebut. Gambar 2.2 menggambarkan empat kemungkinan jenis operasi. Komputer

berfungsi sebagai alat penggerak data (Gambar 2.2.a), dengan mentransfer data dari satu perangkat atau jalur komunikasi ke komunikasi lainnya. Ini juga bisa berfungsi sebagai perangkat penyimpanan data (Gambar 2.2.b), dengan data yang ditransfer dari lingkungan eksternal ke penyimpanan komputer (baca) dan sebaliknya (tuliskan). Dua diagram terakhir menunjukkan operasi yang melibatkan pengolahan data, pada data dalam penyimpanan (Gambar 2.2.c) atau dalam perjalanan antara penyimpanan dan lingkungan eksternal (Gambar 2.2.d).

## 2. Struktur

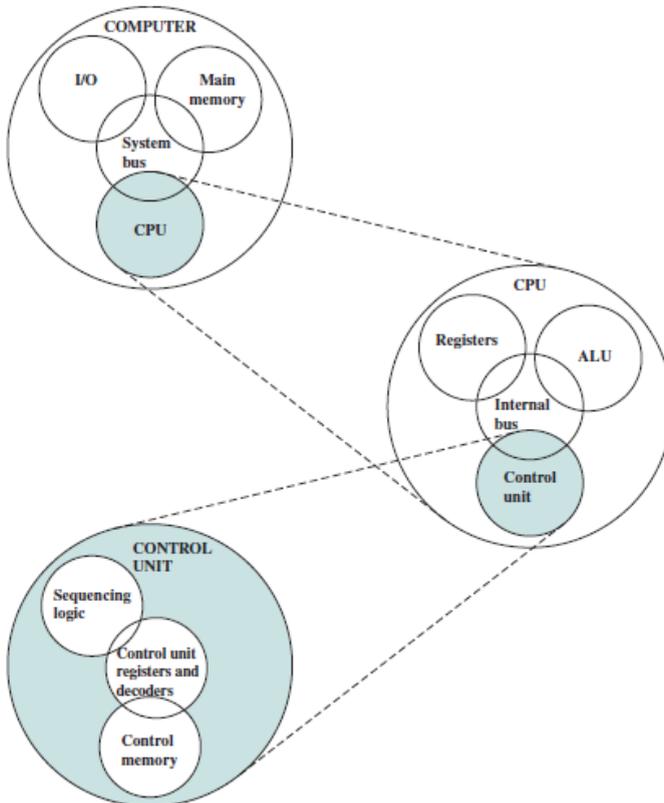
Struktur menggambarkan teknik atau cara masing-masing komponen utama dari sistem komputer itu saling terhubung dalam sebuah sistem komputer. Gambar 2.3 adalah struktur komputer yang paling sederhana. Komputer berinteraksi dalam beberapa mode dengan lingkungan eksternal. Secara umum, semua keterkaitannya dengan lingkungan eksternal dapat diklasifikasikan sebagai perangkat peripheral atau jalur komunikasi.



Gambar 2.3 Komputer dengan lingkungan eksternal (Hamacher, 2012)

Ada empat komponen struktur utama dari komputer :

- a. Central Processing Unit (CPU) untuk mengontrol pengoperasian komputer dan menjalankan fungsi pemrosesan datanya, sering hanya disebut sebagai prosesor.
- b. Memori utama menyimpan data sementara saat proses sedang berlangsung
- c. Input/Output sebagai perangkat yang bertanggung jawab terhadap transfer data antara komputer dan lingkungan eksternalnya.
- d. Interkoneksi sistem merupakan beberapa mekanisme yang menyediakan komunikasi antara CPU, memori utama, dan I/O. Contoh umum dari sistem interkoneksinya dilakukan melalui suatu sistem bus (TANENBAUM and WETHERALL, 2011).



Gambar 2.4 Struktur CPU (Hamacher, 2012)

### **C. Katagori Penggunaan Komputer**

Sejak diperkenalkan pada tahun 1940-an, komputer digital telah berkembang menjadi berbagai jenis jenis yang sangat bervariasi dalam ukuran, biaya, daya komputasi, dan tujuan penggunaan. Komputer modern secara kasar dapat dibagi menjadi empat kategori umum (Hamacher, 2012):

1. Komputer tertanam diintegrasikan ke dalam perangkat atau sistem yang lebih besar secara otomatis memantau dan mengendalikan proses fisik atau lingkungan. Mereka digunakan untuk tujuan tertentu tujuan daripada untuk tugas pemrosesan umum. Aplikasi yang umum termasuk industri dan otomatisasi rumah, peralatan, produk telekomunikasi, dan kendaraan. Pengguna mungkin bahkan tidak menyadari peran komputer dalam sistem tersebut.
2. Komputer pribadi telah digunakan secara luas di rumah, lembaga pendidikan, dan pengaturan kantor bisnis dan teknik, terutama untuk penggunaan individu khusus. Mereka mendukung berbagai aplikasi seperti komputasi umum, persiapan dokumen, desain dengan bantuan komputer, hiburan audiovisual, komunikasi interpersonal, dan Internet menjelajah. Sejumlah klasifikasi digunakan untuk komputer pribadi. Desktop komputer melayani kebutuhan umum dan sesuai dengan ruang kerja pribadi pada umumnya. stasiun kerja komputer menawarkan kapasitas komputasi yang lebih tinggi dan kemampuan tampilan grafis yang lebih kuat untuk pekerjaan teknik dan ilmiah. Terakhir, komputer Portable dan Notebook. menyediakan fitur dasar komputer pribadi dalam paket ringan yang lebih kecil. Mereka dapat beroperasi dengan baterai untuk memberikan mobilitas.
3. Server dan sistem Perusahaan adalah komputer besar yang dimaksudkan untuk digunakan bersama oleh kemungkinan sejumlah besar pengguna yang mengaksesnya dari beberapa bentuk komputer pribadi melalui jaringan publik atau pribadi. Komputer tersebut mungkin meng-host database besar dan menyediakan pemrosesan informasi untuk lembaga pemerintah atau organisasi komersial.

4. Superkomputer dan komputer Grid biasanya menawarkan kinerja tertinggi. Mereka kategori komputer yang paling mahal dan secara fisik terbesar. Superkomputer adalah digunakan untuk komputasi yang sangat menuntut yang diperlukan dalam prakiraan cuaca, teknik desain dan simulasi, dan karya ilmiah. Harganya mahal. Komputer grid menyediakan alternatif yang lebih hemat biaya. Mereka menggabungkan sejumlah besar komputer pribadi dan unit penyimpanan disk dalam jaringan berkecepatan tinggi yang terdistribusi secara fisik, yang disebut grid, yaitu dikelola sebagai sumber daya komputasi yang terkoordinasi. Dengan mendistribusikan komputasi secara merata beban kerja di seluruh grid, kinerja tinggi dapat dicapai pada aplikasi besar mulai dari perhitungan numerik hingga pencarian informasi.

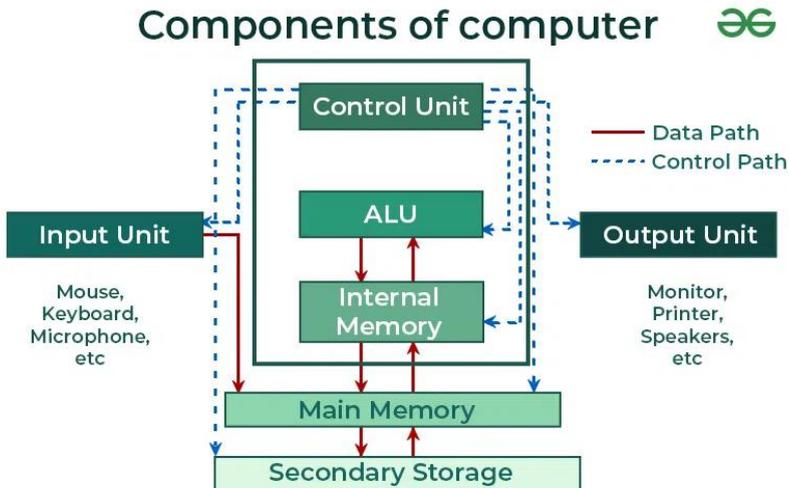
Saat ini ada tren yang muncul dalam akses terhadap fasilitas komputasi dengan fleksibilitas yang tinggi dan berbiaya relative murah daripada menyediakan infrastruktur server yang mahal, dikenal sebagai komputasi awan (*cloud Computing*). Pengguna komputer pribadi mengakses komputasi dan server penyimpanan yang terdistribusi secara luas, sumber daya untuk kebutuhan komputasi individu, independen. Internet menyediakan apa yang diperlukan fasilitas komunikasi. Penyedia layanan perangkat keras dan perangkat lunak cloud beroperasi sebagai utilitas, mengenakan biaya berdasarkan besarnya penggunaan (Rashid and Chaturvedi, 2019).

#### **D. Komponen Utama CPU**

Pada umumnya ada tiga bagian utama dari komputer desktop yaitu: CPU (Central Processing Unit), Memori Utama, dan Memori Eksternal (harddisk). CPU juga disebut sebagai prosesor atau hanya mesin dalam bahasa umum. CPU (processor) merupakan bagian utama komputer yang mengambil program sebagai masukan dan menjalankannya. CPU adalah otaknya komputer. Memori utama digunakan untuk menyimpan

data sementara yang mungkin diperlukan selama eksekusi suatu program sedang dijalankan.

Saat kita mematikan listrik, prosesor dan memori utama kehilangan semua datanya. Namun, hard disk bersifat permanen penyimpanan. Selain ketiga komponen utama tadi ada juga komponen untuk terhubung dengan perangkat lain atau sejumlah komponen periferal yang terhubung ke komputer. Fungsi perangkat input/output ini untuk mengambil masukan dari pengguna dan mengkomunikasikannya ke program yang berjalan pada prosesor, begitu pula untuk menampilkan outputnya suatu program, prosesor biasanya mengirimkan data output ke monitor yang dapat menampilkan hasilnya dalam format grafis. Hasil luaran bisa juga untuk mencetak hasilnya menggunakan printer. Terakhir komputer dapat dihubungkan ke komputer lain melalui jaringan (Sarangi, 2021).



Gambar 2.5 Komponen Utama komputer

Sumber : <https://www.geeksforgeeks.org/computer-and-its-components>

Pada dasarnya ada tiga komponen penting dari komputer:

1. Input Unit
2. Unit Pemrosesan Pusat (CPU)
3. Unit Keluaran

## 1. **Unit Input:**

Unit input terdiri dari perangkat input yang terpasang ke komputer. Perangkat ini mengambil input dan mengubahnya menjadi bahasa biner yang dimengerti komputer. Beberapa perangkat input umum adalah keyboard, mouse, joystick, pemindai dll.

- a. Unit Input dibentuk dengan melampirkan satu atau lebih perangkat input ke komputer.
- b. Pengguna memasukkan data dan instruksi melalui perangkat input seperti keyboard, mouse, dll.
- c. Unit input digunakan untuk menyediakan data ke prosesor untuk diproses lebih lanjut.

## 2. **Unit Pemrosesan Pusat:**

Setelah informasi dimasukkan ke dalam komputer oleh perangkat input, prosesor memprosesnya. CPU disebut otak komputer karena merupakan pusat kendali komputer. Pertama-tama mengambil instruksi dari memori dan kemudian menafsirkannya untuk mengetahui apa yang harus dilakukan. Jika diperlukan, data diambil dari memori atau perangkat input. Setelah itu CPU mengeksekusi atau melakukan perhitungan yang diperlukan, dan kemudian menyimpan output atau menampilkannya pada perangkat output. CPU memiliki tiga komponen utama, yang bertanggung jawab untuk fungsi yang berbeda: Arithmetic Logic Unit (ALU), Control Unit (CU) dan register Memory (AL Hwaitat *et al.*, 2018).

- a. **Unit Aritmatika dan Logika (ALU):** merupakan pusat kegiatan untuk melakukan perhitungan matematis dan mengambil keputusan logis. Perhitungan aritmatika meliputi penambahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Keputusan logis melibatkan perbandingan dua item data untuk melihat mana yang lebih besar atau lebih kecil atau sama (Keuka, 2014).
- b. **Unit Kontrol:** Unit Kontrol mengoordinasikan dan mengontrol aliran data masuk dan keluar dari CPU, dan juga mengontrol semua operasi ALU, register memori dan juga unit input / output. Ia juga

bertanggung jawab untuk melaksanakan semua instruksi yang disimpan dalam program. Ini menerjemahkan instruksi yang diambil, menafsirkannya dan mengirimkan sinyal kontrol ke perangkat input / output sampai operasi yang diperlukan dilakukan dengan benar oleh ALU dan memori.

- Unit Kontrol adalah komponen unit pemrosesan pusat komputer yang mengarahkan pengoperasian prosesor.
- Ini menginstruksikan memori komputer, unit aritmatika dan logika, dan perangkat input dan output tentang cara menanggapi instruksi prosesor.
- Untuk menjalankan instruksi, komponen komputer menerima sinyal dari unit kontrol.
- Ini juga disebut sistem saraf pusat atau otak komputer.

c. **Memory Registers:** Register adalah unit sementara memori dalam CPU. Ini digunakan untuk menyimpan data, yang langsung digunakan oleh prosesor. Register dapat dari berbagai ukuran (16 bit, 32 bit, 64 bit dan sebagainya) dan setiap register di dalam CPU memiliki fungsi tertentu, seperti menyimpan data, menyimpan instruksi, menyimpan alamat lokasi dalam memori dll. Register pengguna dapat digunakan oleh programmer bahasa assembly untuk menyimpan operan, hasil antara, dll. Akumulator (ACC) adalah register utama di ALU dan berisi salah satu operan operasi yang akan dilakukan di ALU (Yadin, 2020).

Memori yang melekat pada CPU digunakan untuk penyimpanan data dan instruksi, dan disebut memori internal. Memori internal dibagi menjadi banyak lokasi penyimpanan, yang masing-masing dapat menyimpan data atau instruksi. Setiap lokasi memori memiliki ukuran yang sama dan memiliki alamat. Dengan bantuan alamat, komputer dapat membaca lokasi memori dengan mudah tanpa harus mencari seluruh memori. Ketika sebuah program dijalankan, datanya disalin ke memori internal dan disimpan dalam memori sampai akhir eksekusi. Memori internal juga disebut memori utama atau memori utama. Memori ini juga

disebut RAM, waktu akses data tidak tergantung pada lokasinya di memori oleh karena itu memori ini juga disebut Random Access Memory (RAM).

- Unit Memori adalah penyimpanan utama komputer.
- RAM dapat menyimpan data dan instruksi.
- Data dan instruksi disimpan secara permanen di unit ini sehingga tersedia kapan pun diperlukan.

### 3. Unit Keluaran:

Unit output terdiri dari perangkat output yang terpasang ke komputer. Ini mengubah data biner yang berasal dari CPU ke bentuk yang dapat dimengerti manusia. Perangkat output umum adalah monitor, printer, plotter, dll.

- Unit output menampilkan atau mencetak data yang diproses dalam format yang mudah digunakan.
- Unit output dibentuk dengan melampirkan perangkat output komputer.
- Unit output menerima informasi dari CPU dan menampilkannya dalam bentuk yang dapat dibaca pengguna.

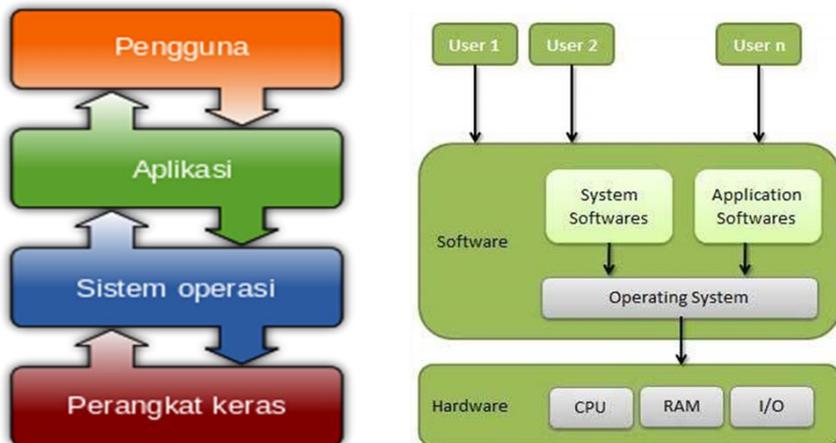
## E. Karakteristik Komputer

1. **Kecepatan:** Komputer dapat melakukan jutaan perhitungan per detik. Kecepatan komputasi sangat cepat tergantung pada tipe processor yang digunakan.
2. **Akurasi:** Karena komputer beroperasi pada perangkat lunak yang telah diprogram sebelumnya, tidak ada ruang untuk kesalahan manusia.
3. **Ketekunan:** Mereka dapat melakukan perhitungan yang rumit dan panjang pada saat yang sama dan dengan akurasi yang sama.
4. **Serbaguna:** Komputer dirancang untuk menjadi serbaguna. Mereka dapat melakukan beberapa operasi secara bersamaan.
5. **Penyimpanan:** Komputer dapat menyimpan sejumlah besar data/ instruksi dalam memorinya, yang dapat diambil kapan saja.

## F. Konsep Dasar Sistem Operasi

Sistem operasi (OS) mengelola semua aplikasi dan program lain pada komputer. Sistem operasi dimuat ke komputer melalui program boot saat pertama kali komputer diaktifkan. Dengan adanya system operasi maka memungkinkan aplikasi untuk berinteraksi dengan perangkat keras komputer. Melalui antarmuka program aplikasi yang ditunjuk, program aplikasi meminta layanan dari sistem operasi (API). Kernel adalah perangkat lunak yang berisi komponen inti sistem operasi. Untuk menjalankan program lain, setiap komputer harus memiliki setidaknya satu sistem operasi yang atelah diinstal.

Sistem operasi bertindak sebagai manajer sistem, mengendalikan perangkat keras dan perangkat lunak dan bertindak sebagai antarmuka antara pengguna dan sistem. Sistem operasi itu sendiri terdiri dari kumpulan program yang bekerja sama secara kolektif untuk menyelesaikan tugas-tugas ini.



Gambar 2.6 Sistem Operasi

Sumber <https://www.uow.edu.au/student/learning-co-op/technology-and-software/operating-systems/>

Sistem operasi dapat didefinisikan sebagai kumpulan program komputer yang mengintegrasikan sumber daya perangkat keras komputer dan membuat sumber daya tersebut tersedia bagi pengguna dan program

pengguna, dengan acara yang memungkinkan pengguna mengakses komputer secara produktif, tepat waktu, dan efisien secara penggunaan. Dengan kata lain, sistem operasi bertindak sebagai perantara antara pengguna dan program pengguna dan perangkat keras komputer. Itu membuat sumber daya tersedia bagi pengguna dan program pengguna dengan cara yang nyaman, di satu sisi, dan mengontrol serta mengelolanya perangkat keras, di sisi lain.

Secara intuitif kita menganggap pengguna sebagai manusia yang berinteraksi dengan sistem komputer; Namun, di sana adalah situasi di mana "pengguna" sebenarnya adalah komputer lain atau komputer mekanis atau elektronik lainnya. Contoh umum dari situasi ini adalah program aplikasi di satu komputer meminta layanan dari program aplikasi atau layanan sistem di komputer lain mesin, misalnya, aplikasi server Web yang meminta data dari database back-end server. Contoh lainnya adalah situasi di mana pengguna di mesin klien meminta file atau layanan printer pada mesin server. Dalam melayani sebagai perantara antara pengguna layanan komputer dan komputer sumber daya, sistem operasi menyediakan tiga jenis layanan dasar:

1. Menerima dan memproses perintah dan permintaan dari pengguna dan pengguna program dan menyajikan hasil keluaran yang sesuai.
2. Ia mengelola, memuat, dan menjalankan program.
3. Ia mengelola sumber daya perangkat keras komputer, termasuk antarmukanya jaringan dan bagian eksternal lainnya dari sistem.

## RINGKASAN

- Definisi komputer :sekumpulan alat elektronik yang saling bekerja sama, dapat menerima data (input), mengolah data (proses) dan memberikan informasi (output) serta terkoordinasi dibawah kontrol program yang tersimpan di memorinya.
- Semua komputer memiliki 4 fungsi:
  - Pengolahan data – Data processing
  - Penyimpanan data – Data storage
  - Pemindahan data – Data movement
  - Kendali – Control
- Ilustrasi, perbedaan antara arsitektur dan organisasi, pabrik komputer menawarkan sekelompok model komputer, yang semuanya memiliki arsitektur yang sama tetapi dengan organisasi yang berbeda.
- Akibatnya, model – model yang berbeda akan memiliki harga dan karakteristik kinerja yang berbeda. Selain itu suatu arsitektur dapat bertahan selama bertahun – tahun dan meliputi sejumlah model komputer yang berbeda, namun organisasinya dapat berubah – ubah sesuai seiring dengan perkembangan teknologi.

## SOAL-SOAL ULANGAN

1. Apa yang dimaksud dengan Organisasi Komputer?
2. Apa yang dimaksud dengan Arsitektur Komputer?
3. Mengapa organisasi komputer bersifat dinamis ?
4. Sebutkan bagian utama dari CPU
5. Bagaimana perkembangan arsitektur computer terkait dengan cloud computing?



# BAB III

## REPRESENTASI DAN IMPLEMENTASI FLOATING POINT

### A. Definisi Bilangan *Floating Point*

Bilangan *floating-point*, yang juga dikenal sebagai bilangan titik mengambang, merupakan format bilangan yang digunakan untuk menggambarkan nilai yang sangat besar atau sangat kecil (Bagus, 2021). Bilangan ini dirancang untuk mengatasi kendala pada representasi bilangan *fixed point*, khususnya dalam menangani nilai pecahan dengan rentang yang bervariasi.

Definisi bilangan *floating point* mencakup kemampuannya untuk merepresentasikan angka secara dinamis, di mana posisi titik desimal (atau koma) dapat bervariasi sesuai dengan skala angka yang diwakili. Ini memungkinkan sistem komputer untuk menangani rentang nilai yang luas, mulai dari bilangan sangat kecil hingga sangat besar, serta nilai pecahan yang sangat besar atau sangat kecil.

Tujuan utama dari penggunaan bilangan *floating point* adalah memberikan fleksibilitas dan presisi dalam perhitungan numerik (Sanglard, 2017). Dalam berbagai aplikasi seperti ilmu pengetahuan, rekayasa, dan grafika komputer, di mana keakuratan hasil perhitungan sangat penting, representasi *floating point* menjadi pilihan yang tepat.

Namun, penggunaan bilangan *floating point* juga tidak terlepas dari beberapa tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan presisi, yang dapat menyebabkan kesalahan pembulatan dan ketidakakuratan dalam perhitungan. Oleh karena itu, pemahaman tentang bagaimana bilangan *floating point* direpresentasikan dan dioperasikan sangat penting untuk meminimalkan dampak dari tantangan tersebut.

## B. Perbedaan Bilangan *Floating Point* dan *Fixed Point*

Perbedaan mendasar antara bilangan *floating point* dan bilangan *fixed point* melibatkan fleksibilitas dalam merepresentasikan nilai pecahan. Bilangan *fixed point* memiliki jumlah bit yang tetap untuk bagian desimal dan integral, yang artinya rentang nilai dan presisinya terbatas (Aji, 2014). Sementara itu, bilangan *floating point* memberikan kemampuan untuk merepresentasikan nilai dengan rentang dan presisi yang dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Keuntungan utama dari penggunaan *bilangan floating point* terletak pada kemampuannya untuk menangani rentang nilai yang lebih luas dan memberikan akurasi yang tinggi pada nilai-nilai pecahan. Dalam konteks arsitektur dan organisasi komputer, ini menjadi penting karena banyak aplikasi yang membutuhkan presisi yang tinggi, seperti dalam perhitungan ilmiah dan rekayasa.

Pemahaman tentang perbedaan antara *bilangan floating point* dan bilangan *fixed point* memungkinkan para pengembang untuk membuat keputusan yang tepat sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Dengan mempertimbangkan *trade-off* ini, pembaca akan dapat mengoptimalkan penggunaan *bilangan floating point* dalam pengembangan perangkat lunak, memastikan bahwa presisi yang dibutuhkan diperoleh tanpa mengorbankan efisiensi atau memori.

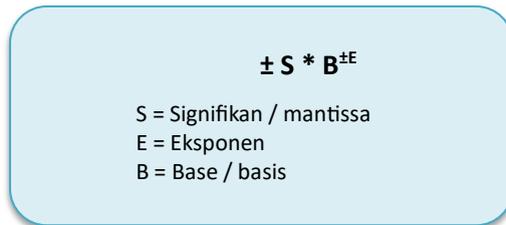
## C. Representasi *Floating Point*

### 1. Sistem Representasi *Floating Point*

Bilangan *floating point* dapat direpresentasikan dalam berbagai sistem bilangan, termasuk dalam biner, oktal, desimal, atau bahkan dalam sistem lainnya. Namun, dalam komputasi modern, bilangan *floating point* biasanya direpresentasikan dalam bentuk biner, menggunakan standar seperti IEEE 754 untuk merepresentasikan bilangan desimal dengan presisi yang tinggi dalam lingkungan komputer (Goldberg, 1991).

Sistem representasi *floating point*, khususnya format yang umum seperti IEEE 754, berperan dalam cara komputer menyimpan dan

memanipulasi bilangan pecahan. Format ini memungkinkan representasi nilai dengan presisi dan rentang yang bervariasi, memberikan fleksibilitas yang sangat diperlukan dalam pengolahan data numerik.


$$\pm S * B^{\pm E}$$

S = Signifikan / mantissa  
E = Eksponen  
B = Base / basis

Gambar 3.1. Representasi *floating point* IEEE 754  
(Sumber : [anbidev.com/floating-point-754/](http://anbidev.com/floating-point-754/))

Format umum seperti IEEE 754 memiliki struktur yang terdiri dari tiga komponen utama: mantissa, eksponen, dan bit tanda. Mantissa mewakili nilai sebenarnya dari bilangan, eksponen menentukan pangkat 10 yang diterapkan pada mantissa, dan bit tanda menunjukkan apakah bilangan itu positif atau negatif. Format ini memungkinkan representasi angka yang sangat besar atau sangat kecil dengan cara yang efisien.



Contoh Nilai = **-12.345 x 10<sup>3</sup>**  
Mantisa = 12.345  
Eksponen = 3  
Bit tanda = (-) negatif

Gambar 3.2. Bilangan *floating point* Desimal  
(Sumber : Diolah penulis)

Berikut adalah contoh representasi bilangan *floating point* dalam berbagai sistem bilangan:

1. Representasi dalam sistem bilangan biner: Bilangan *floating point* dalam sistem biner menggunakan representasi yang mirip dengan

- IEEE 754. Sebagai contoh, angka 3.75 dalam format 32-bit IEEE 754 adalah: 01000000010011100000000000000000
2. Representasi dalam sistem bilangan oktal: Dalam sistem bilangan oktal, representasi bilangan *floating point* mungkin tidak umum digunakan karena lebih sulit dibaca daripada dalam sistem biner atau desimal. Namun, sebagai contoh, angka 3.75 dalam oktal adalah: 3.6
  3. Representasi dalam sistem bilangan desimal: Bilangan *floating point* dalam sistem desimal seringkali digunakan untuk tujuan manusia, meskipun dalam komputasi, sistem biner lebih umum. Sebagai contoh, angka 3.75 dalam sistem desimal tetap sama: 3.75
  4. Representasi dalam sistem bilangan lainnya: Bilangan *floating point* juga dapat direpresentasikan dalam sistem bilangan lainnya, seperti heksadesimal atau sistem bilangan basis lainnya. Namun, dalam praktiknya, representasi dalam sistem biner adalah yang paling umum dalam komputasi.

Bilangan *floating point* merupakan bilangan yang dapat dikatakan sebagai hasil pembagian dua bilangan bulat. Sebagai contoh,  $1,45 \times 10^3$  dapat direpresentasikan sebagai  $(145/100) \times 1000$  atau  $145.000/100$ . Pemilihan basis menentukan pecahan yang dapat direpresentasikan sebagai contoh,  $1/5$  tidak dapat diungkapkan secara akurat sebagai bilangan *floating point* menggunakan basis biner, tetapi dapat direpresentasikan secara akurat menggunakan basis desimal ( $0,2$  atau  $2 \times 10^{-1}$ ).

Proses normalisasi, di mana bit paling signifikan dari mantissa selalu diatur menjadi 1, memastikan bahwa presisi maksimum dapat dicapai dalam representasi. Selain itu, sistem ini memperbolehkan representasi nilai khusus seperti nol, *infinity*, dan *Not a Number* (NaN), menambahkan kompleksitas dalam representasi bilangan *floating point*.

## 2. Struktur Bilangan *Floating Point*

Struktur bilangan *floating point*, terdiri dari mantissa, eksponen, dan bit tanda, adalah elemen kunci dalam merepresentasikan dan memanipulasi bilangan pecahan. Mantissa menentukan presisi representasi

bilangan, sementara eksponen mengatur skala nilai, memungkinkan representasi rentang yang luas. Bit tanda membedakan bilangan positif dan negatif, memberikan fleksibilitas dalam operasi matematika.

Meskipun format *floating point* memberikan fleksibilitas, representasi biner sering tidak dapat merepresentasikan semua bilangan desimal dengan presisi yang sama, mengakibatkan kesalahan pembulatan atau ketidakakuratan. Perbedaan skala antara eksponen dan mantissa menggambarkan besarnya bilangan dan posisi titik desimal, hal tersebut penting dalam aplikasi grafika komputer atau simulasi fisika.

Format *floating point*, seperti IEEE 754, yang banyak digunakan di sistem komputer modern, sukses karena kemampuannya dalam memberikan presisi tinggi dalam merepresentasikan nilai bilangan pecahan. Untuk mengoptimalkan kinerja komputasi *floating point*, teknik seperti *pipelining*, *vektorisasi*, dan *paralelisme* dapat diterapkan, meningkatkan efisiensi operasi pada tingkat *hardware*.

Perkembangan terbaru dalam arsitektur CPU dan teknologi *floating point* terus menawarkan inovasi yang meningkatkan efisiensi dan kinerja.

### **3. Keuntungan dan Kerugian Representasi**

Keuntungan representasi *floating point*, seperti format IEEE 754, adalah kemampuannya dalam merepresentasikan bilangan dengan rentang nilai yang luas dan presisi yang tinggi. Hal ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi ilmiah dan rekayasa di mana keakuratan hasil perhitungan memiliki dampak signifikan. Fleksibilitas ini memungkinkan penyimpanan dan manipulasi bilangan pecahan dengan skala yang bervariasi, mengatasi keterbatasan bilangan *fixed point* yang memiliki skala tetap. Dalam perhitungan ilmiah di mana rentang nilai yang luas dan akurasi tinggi diperlukan, representasi *floating point* memberikan solusi yang memenuhi tuntutan tersebut.

Namun, keuntungan tersebut juga disertai dengan beberapa kerugian. Salah satunya adalah adanya error pembulatan yang dapat terjadi

ketika nilai tidak dapat direpresentasikan secara persis dalam biner. Ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam hasil perhitungan, dan pemahaman tentang cara mengelola atau meminimalkan error ini menjadi penting untuk aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi. Representasi *floating point* juga memakan ruang penyimpanan yang lebih besar dibandingkan dengan bilangan *fixed point* dengan presisi yang setara. Hal ini bisa menjadi masalah dalam sistem yang memiliki batasan penyimpanan, seperti perangkat *mobile* atau *embedded systems*.

#### **D. Operasi *Floating Point***

Operasi dasar pada bilangan *floating point* melibatkan penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Keempat operasi ini membentuk dasar dari berbagai perhitungan matematis yang digunakan dalam aplikasi ilmiah, rekayasa, dan komputasi umum. Berikut penjelasan dari beberapa operasi dasar pada bilangan *floating point* tersebut.

##### **1. Penjumlahan**

Operasi penjumlahan adalah salah satu operasi dasar dalam aritmatika *floating point* yang penting untuk berbagai aplikasi komputasi. Dalam penjumlahan bilangan *floating point*, dua bilangan pecahan dijumlahkan untuk menghasilkan hasil akhir. Namun, karena representasi biner dari bilangan *floating point* memiliki keterbatasan dalam presisi dan rentang nilai, penjumlahan *floating point* dapat menghasilkan kesalahan pembulatan atau kehilangan presisi.

Ketika dua bilangan *floating point* dijumlahkan, pertama adalah menormalkan kedua bilangan sehingga eksponennya sama. Ini dilakukan dengan memindahkan titik koma atau "menyesuaikan" eksponen satu sama lain. Setelah kedua bilangan dinormalkan, mantissa dari kedua bilangan dapat dijumlahkan. Namun, perlu diingat bahwa mantissa biasanya memiliki panjang tetap, dan operasi penjumlahan harus memperhitungkan kemungkinan adanya *overflow* atau *underflow*.

Setelah penjumlahan mantissa, langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa hasil penjumlahan dinormalkan kembali, jika

diperlukan, dan menyimpan nilai yang telah dinormalkan kembali ke dalam format *floating point* yang benar. Dalam beberapa kasus, hasil penjumlahan mungkin memerlukan pembulatan ke atas atau ke bawah, tergantung pada konvensi pembulatan yang digunakan.

Namun, perlu diperhatikan bahwa penjumlahan *floating point* dapat menghasilkan kesalahan pembulatan atau kehilangan presisi, terutama jika dua bilangan yang dijumlahkan memiliki perbedaan skala yang besar atau jika hasil penjumlahan mendekati batas representasi dari format *floating point* yang digunakan.

Berikut ini contoh perhitungan penjumlahan *floating point* yang menghasilkan *overflow*:

Misalkan kita memiliki format *floating point* sederhana dengan mantissa 4 bit dan eksponen 2 bit, dengan tanda yang direpresentasikan oleh 1 bit.

Bilangan pertama:  $1.10 \times 2^2$  (nilai eksponen +2)

Bilangan kedua:  $1.10 \times 2^3$  (nilai eksponen +3)

Langkah penyelesaiannya:

- a. Bandingkan eksponen. Kedua bilangan memiliki eksponen yang berbeda (+2 dan +3), jadi kita perlu menyesuaikan eksponen kedua bilangan sehingga sama. Kita tambahkan 1 ke eksponen dari bilangan pertama, sehingga menjadi +3.
- b. Sekarang, kedua bilangan memiliki eksponen yang sama (+3), kita bisa menjumlahkan mantissa. Mantissa dari kedua bilangan adalah 1.10, jadi hasil penjumlahan mantissa adalah 11.00.
- c. Perhatikan bahwa hasil penjumlahan mantissa adalah 11.00, tidak dapat direpresentasikan dalam format *floating point* kita karena hanya memiliki 4 bit untuk mantissa. Ini adalah contoh dari *overflow*, di mana hasil penjumlahan melebihi rentang yang dapat direpresentasikan oleh format *floating*.

Penanganan *overflow* dapat dilakukan dengan cara yang berbeda. Salah satunya adalah dengan mengubah hasil penjumlahan menjadi nilai

*infinity*, yang menunjukkan bahwa hasilnya terlalu besar untuk direpresentasikan dalam format yang diberikan. Selanjutnya contoh yang melibatkan *underflow*:

Bilangan pertama:  $0.01 \times 2^{-2}$  (nilai eksponen  $-2$ )  
 Bilangan kedua:  $0.10 \times 2^{-3}$  (nilai eksponen  $-3$ )

Langkah penyelesaiannya:

- a. Pertama, kita bandingkan eksponen. Kedua bilangan memiliki eksponen yang berbeda ( $-2$  dan  $-3$ ), jadi kita perlu menyesuaikan eksponen kedua bilangan sehingga sama. Kita tambahkan 1 ke eksponen dari bilangan pertama, sehingga menjadi  $-1$ .
- b. Sekarang, kedua bilangan memiliki eksponen yang sama ( $-1$ ), kita bisa menjumlahkan mantissa. Mantissa dari kedua bilangan adalah  $0.01$  dan  $0.10$ , jadi hasil penjumlahan mantissa adalah  $0.11$ .
- c. Namun, hasil penjumlahan mantissa yaitu  $0.11$ , memiliki nilai yang sangat kecil dan tidak dapat direpresentasikan secara akurat dalam format *floating point*. Ini adalah contoh dari *underflow*, di mana hasil penjumlahan terlalu kecil untuk direpresentasikan dengan presisi yang diperlukan.

Dalam kasus *underflow*, penanganannya dapat mengubah hasil penjumlahan menjadi nilai zero atau menggunakan skema lain untuk menangani kasus-kasus ekstrim tersebut.

## 2. Pengurangan

Operasi pengurangan dalam aritmatika *floating point* memiliki proses yang serupa dengan operasi penjumlahan. Namun, ada beberapa perbedaan dan aspek yang perlu diperhatikan, terutama dalam menangani kesalahan dan kehilangan presisi.

Sama seperti dalam penjumlahan, langkah pertama dalam operasi pengurangan adalah menormalkan kedua bilangan sehingga eksponennya sama. Setelah kedua bilangan dinormalkan, mantissa dari kedua bilangan

dikurangkan. Namun, dalam operasi pengurangan, perlu diperhatikan apakah perlu dilakukan penyesuaian hasil pengurangan terhadap tanda bilangan.

Contoh:

Misalkan kita memiliki dua bilangan *floating point*, diman  $A = -5.5 \times 10^3$  dan  $B = 3.75 \times 10^2$ . Jika kita ingin mengurangkan  $B$  dari  $A$ , kita akan melakukan operasi berikut:

$$A - B = (-5.5 \times 10^3) - (3.75 \times 10^2)$$

Langkah pertama adalah menormalkan kedua bilangan sehingga eksponennya sama. Misalkan kita menyesuaikan  $B$  sehingga eksponennya sama dengan  $A$ . Setelah itu, kita dapat mengurangkan mantissa dari kedua bilangan. Namun, perlu diperhatikan bahwa kita perlu memeriksa tanda hasilnya. Jika hasilnya negatif, kita harus menyesuaikannya sehingga hasilnya positif dan menandakan bahwa nilai absolutnya lebih besar dari  $B$ .

Setelah hasil pengurangan dinormalkan kembali, perlu dilakukan pembulatan jika diperlukan, dengan mempertimbangkan konvensi pembulatan yang digunakan. Kesalahan atau kehilangan presisi dalam operasi pengurangan *floating point* dapat terjadi jika hasil pengurangan mendekati batas representasi dari format *floating point* yang digunakan, atau jika perbedaan skala antara kedua bilangan yang dikurangkan besar.

Dalam menangani kesalahan atau kehilangan presisi, strategi yang sama seperti dalam operasi penjumlahan dapat diterapkan, seperti menggunakan strategi penjumlahan berturut-turut atau penanganan berbasis interval. Dengan memperhatikan potensi kesalahan ini, pengembang dapat merancang algoritma atau strategi pemrosesan data yang meminimalkan dampak dari kesalahan tersebut dan menghasilkan hasil pengurangan yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

### 3. Perkalian

Operasi perkalian dalam aritmatika *floating point* adalah salah satu operasi dasar yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi komputasi. Dalam perkalian bilangan *floating point*, dua bilangan pecahan dikalikan untuk menghasilkan hasil akhir. Proses perkalian ini melibatkan perkalian eksponen dan penjumlahan mantissa, dengan mempertimbangkan tanda bilangan dari keduanya.

Langkah pertama dalam operasi perkalian adalah mengalikan mantissa dari kedua bilangan, dan menambahkan eksponen mereka. Setelah itu, hasil perkalian dinormalkan kembali, jika diperlukan, dan pembulatan dapat dilakukan sesuai dengan konvensi yang digunakan.

Contoh:

Misalkan kita memiliki dua bilangan *floating point*, dimana  $A = 4.2 \times 10^3$  dan  $B = -2.5 \times 10^{-2}$ . Untuk mengalikan  $A$  dengan  $B$ , kita akan melakukan operasi berikut:

$$\begin{aligned}
 A \times B &= (4.2 \times 10^3) \times (-2.5 \times 10^{-2}) \\
 &= (4.2 \times (-2.5)) \times (10^3 \times 10^{-2}) \\
 &= (-10.5) \times (10^{3-2}) \\
 &= -10.5 \times 10^1 \\
 &= -105 \times 10^0
 \end{aligned}$$

Langkah pertama adalah mengalikan mantissa dari kedua bilangan dan menambahkan eksponennya. Selanjutnya, hasil perkalian dinormalkan kembali ke dalam format *floating point* yang benar, dan pembulatan dilakukan jika diperlukan. Perlu diperhatikan bahwa operasi perkalian *floating point* dapat menghasilkan kesalahan pembulatan atau kehilangan presisi, terutama jika hasil perkalian mendekati batas representasi dari format *floating point* yang digunakan atau jika perbedaan skala antara kedua faktor perkalian besar.

#### 4. Pembagian

Operasi pembagian dalam aritmatika *floating point* adalah operasi yang penting dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi komputasi. Dalam pembagian bilangan *floating point*, sebuah bilangan pecahan dibagi dengan bilangan pecahan lainnya untuk menghasilkan hasil akhir. Proses pembagian ini melibatkan pengurangan eksponen dan pembagian mantissa, dengan mempertimbangkan tanda bilangan dari pembilang dan penyebut.

Langkah pertama dalam operasi pembagian adalah membagi mantissa dari pembilang dengan mantissa penyebut, dan mengurangkan eksponen pembilang dengan eksponen penyebut. Setelah itu, hasil pembagian dinormalkan kembali, jika diperlukan, dan pembulatan dapat dilakukan sesuai dengan konvensi yang digunakan.

Contoh:

Misalkan kita memiliki dua bilangan *floating point*, dimana  $A = 6.4 \times 10^2$  dan  $B = -8 \times 10^0$ . Jika kita ingin membagi  $A$  dengan  $B$ , kita akan melakukan operasi berikut:

$$\begin{aligned} \frac{A}{B} &= \frac{6.4 \times 10^2}{-8.0 \times 10^0} \\ &= \frac{6.4}{-8.0} \times 10^{2-0} \\ &= -0.8 \times 10^2 \end{aligned}$$

Langkah pertama adalah membagi mantissa dari pembilang dengan mantissa penyebut dan mengurangkan eksponen pembilang dengan eksponen penyebut. Setelah itu, hasil pembagian dinormalkan kembali ke dalam format *floating point* yang benar, dan pembulatan dilakukan jika diperlukan. Perlu diperhatikan bahwa operasi pembagian *floating point* juga dapat menghasilkan kesalahan pembulatan atau kehilangan presisi, terutama jika hasil pembagian mendekati batas representasi dari format *floating point* yang digunakan atau jika terdapat pembagian dengan nol.

## E. Ketelitian dan Akurasi *Floating Point*

Tingkat ketelitian dan akurasi dalam representasi bilangan pecahan menjadi pertimbangan penting dalam perhitungan numerik. Pada bilangan *floating point*, tingkat ketelitian ini berkaitan erat dengan jumlah bit yang dialokasikan untuk mantissa. Semakin banyak bit mantissa, semakin tinggi tingkat ketelitian yang dapat dicapai, memungkinkan representasi bilangan pecahan dengan presisi yang lebih besar.

### 1. Antara Presisi dan Kinerja

Meskipun meningkatkan tingkat presisi memiliki keunggulan dalam hal akurasi, hal tersebut juga bisa mempengaruhi kinerja secara keseluruhan. Representasi bilangan dengan mantissa yang lebih panjang memerlukan lebih banyak ruang penyimpanan dan membutuhkan lebih banyak waktu untuk dilakukan operasi aritmetika.

### 2. Arsitektur CPU dan *Floating Point Unit* (FPU)

Tingkat ketelitian dan akurasi dalam representasi bilangan pecahan juga terkait dengan arsitektur CPU dan FPU yang digunakan. Beberapa prosesor mendukung operasi *floating point* dengan tingkat ketelitian ganda (*double precision*), yang menggunakan mantissa lebih panjang daripada tingkat ketelitian tunggal (*single precision*) (Goldberg, 1991). Pemilihan arsitektur yang sesuai dapat memengaruhi kinerja aplikasi dan presisi hasil perhitungan.

### 3. Kesalahan Pembulatan dan Propagasi

Pada tingkat ketelitian tinggi, perhatian terhadap kesalahan pembulatan menjadi lebih penting. Operasi aritmetika pada bilangan *floating point* selalu melibatkan pembulatan, dan kesalahan ini dapat berakumulasi selama perhitungan yang kompleks. Pengembang perlu memahami bagaimana kesalahan pembulatan dapat terjadi dan memitigasi dampaknya untuk memastikan hasil yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

### 4. Representasi Desimal dan Biner

Ketelitian juga menjadi relevan ketika representasi bilangan desimal diubah menjadi representasi biner dan sebaliknya. Pada kasus ini, beberapa bilangan desimal tidak dapat direpresentasikan secara tepat dalam

sistem biner, yang dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam perhitungan numerik.

## 5. Normalisasi dan Denormalisasi

Normalisasi dan denormalisasi adalah teknik yang dapat memengaruhi tingkat ketelitian. Normalisasi mengatur bit paling signifikan mantissa menjadi 1, memastikan presisi maksimum. Di sisi lain, denormalisasi memungkinkan representasi bilangan yang sangat kecil tanpa menggunakan eksponen yang signifikan. Penggunaan normalisasi dan denormalisasi harus disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi dan karakteristik data yang diolah.

## F. Error pada *Floating Point*

Dalam konteks representasi dan implementasi *bilangan floating point*, pemahaman tentang jenis-jenis *error* yang dapat terjadi adalah kunci untuk menghasilkan hasil perhitungan yang akurat dan konsisten. Ada beberapa jenis *error* yang umumnya muncul dan perlu dipertimbangkan oleh para pengembang.

### 1. Error Pembulatan

*Error* pembulatan terjadi karena keterbatasan representasi bilangan dalam format *floating point*. Setiap operasi aritmetika melibatkan pembulatan hasil ke nilai yang paling dekat dalam representasi *floating point*. Dalam beberapa kasus, kesalahan ini dapat berkumulasi selama serangkaian operasi, menyebabkan ketidakakuratan dalam hasil akhir. Strategi untuk meminimalkan kesalahan pembulatan termasuk pemilihan format *floating point* dengan bit mantissa yang lebih banyak atau menggunakan teknik normalisasi dengan hati-hati.

### 2. Error Keterbatasan Presisi

Keterbatasan presisi muncul ketika bilangan yang dapat diwakili dalam sistem *floating point* lebih besar atau lebih kecil dari rentang yang dapat direpresentasikan. Hal ini terutama terkait dengan bilangan yang mendekati nol atau yang memiliki magnitudo yang sangat besar.

Menangani *error* keterbatasan presisi memerlukan strategi normalisasi dan penanganan secara hati-hati terhadap kasus-kasus ekstrim.

### 3. **Error Overflow dan Underflow**

*Overflow* terjadi ketika hasil operasi aritmetika melebihi nilai maksimum yang dapat direpresentasikan dalam format *floating point*. Sebaliknya, *underflow* terjadi ketika hasil operasi sangat kecil sehingga tidak dapat diwakili dalam sistem. Mengatasi *error overflow* dan *underflow* melibatkan pemilihan format *floating point* yang sesuai dan penanganan khusus untuk kasus-kasus tertentu.

### 4. **Error Pembagian dengan Nol**

Operasi pembagian dengan nol dapat menyebabkan nilai *infinity* atau NaN. Menangani kasus ini memerlukan pengecekan sebelum operasi pembagian dilakukan. Penggunaan kontrol alur program, seperti *if-statements*, dapat membantu mencegah pembagian dengan nol dan memberikan hasil yang sesuai.

### 5. **Error pada Operasi Perbandingan**

*Error* pada operasi perbandingan melibatkan penanganan nilai NaN dan *infinity*. Algoritma perbandingan harus mempertimbangkan kemungkinan adanya nilai-nilai khusus ini dan mengambil tindakan yang sesuai. Penggunaan fungsi atau modul yang secara eksplisit menangani operasi perbandingan pada bilangan *floating point* dapat membantu mengurangi kesalahan pada tahap ini.

## G. **FPU dalam Eksekusi Instruksi Floating Point**

*Floating Point Unit* (FPU) adalah komponen kritis dalam arsitektur CPU yang didedikasikan untuk menangani operasi *floating point*. FPU bertanggung jawab atas eksekusi instruksi *floating point*, termasuk operasi dasar seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Perannya sangat penting dalam mendukung aplikasi yang membutuhkan perhitungan numerik tinggi, seperti ilmu pengetahuan, rekayasa, dan grafika komputer.

FPU dirancang dengan instruksi-instruksi khusus yang dioptimalkan untuk operasi *floating point* (Mahfi & Djuriatno, 2018). Penggunaannya memungkinkan CPU untuk mengeksekusi operasi *floating point* dengan kecepatan tinggi, meningkatkan kinerja komputasi secara keseluruhan. Instruksi-instruksi ini memanfaatkan fitur-fitur khusus seperti pipelining dan parallelism, mempercepat eksekusi instruksi-instruksi *floating point* secara efisien.

FPU bertanggung jawab atas penanganan kondisi-kondisi ekstrem seperti *overflow*, *underflow*, atau hasil operasi yang tidak valid (NaN), yang penting untuk menjaga keamanan dan mencegah kesalahan numerik. FPU juga mempercepat operasi-operasi vektor dan matriks, mendukung aplikasi yang memanfaatkan paralelisme data untuk kinerja yang lebih baik.

Terdapat variasi dalam integrasi FPU dalam arsitektur CPU, dengan beberapa sistem mengintegrasikannya sebagai unit eksekusi, sedangkan yang lain memisahkannya sebagai unit terpisah atau *coprocessor*. Perbedaan ini memengaruhi kinerja perhitungan *floating point*, dan pemahaman tentang arsitektur FPU yang digunakan penting bagi pengembang perangkat lunak untuk memaksimalkan kinerja aplikasi.

Dengan peningkatan kecepatan dan efisiensi FPU, peluang untuk menerapkan algoritma yang lebih kompleks dan memproses data dalam skala yang lebih besar juga meningkat, membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang FPU untuk mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan.



# BAB IV

## ALJABAR BOOLEAN DAN RANGKAIAN LOGIKA

### A. Pendahuluan

Aljabar Boolean dan rangkaian logika sangat penting dalam konteks arsitektur dan organisasi komputer karena digunakan untuk merancang unit pemrosesan dan menggambarkan bagaimana data dan instruksi diproses di dalam komputer. Aljabar Boolean adalah cabang matematika yang menggunakan nilai logika (true atau false) dan operasi logika untuk menganalisis dan memanipulasi pernyataan logika. Aljabar Boolean dinamakan setelah matematikawan Inggris, George Boole, yang mengembangkan dasar-dasar aljabar ini pada abad ke-19. Aljabar Boolean memiliki aplikasi luas dalam bidang teknologi informasi, terutama dalam desain dan analisis rangkaian logika.

### B. Dasar-dasar Aljabar Boolean

#### 1. Definisi dan Sifat-sifat Aljabar Boolean.

Definisi Aljabar Boolean: Aljabar Boolean adalah sistem matematika yang terkait dengan logika proposisional dan operasi biner. Operasi boolean biasanya di ekspresi matematika yang terdiri dari variabel logika dilambangkan (A, B, C, dst) operasi logika (AND, OR, NOT) dan tanda kurung untuk menentukan urutan operasi.

#### Variabel:

- ❖ Operator Biner = “+” (plus) dan “.” (kali), Uner = ‘
- ❖ Operator = 1 (Benar/T), dan 0 (Salah/F)

Tabel 4.1. Tabel nilai YES

INPUT	OUTPUT
X	
0	0
1	1

Nilai kebenaran pada tabel 4.1 output true apabila nilai input juga true, kebalikan dari nilai kebenaran pada tabel 4.2. yang menyatakan sebaliknya yakni apabila nilai input false maka nilai output true.

Tabel 4.2. Tabel nilai NOT

INPUT	OUTPUT
X	
0	1
1	0

Dalam konteks ini, variabel dan operasi logika digunakan untuk menggambarkan hubungan dan perilaku suatu sistem.

Sifat-sifat Aljabar Boolean:

- a. **Komutatif:** Urutan operand tidak mempengaruhi hasil operasi.  
Misalnya :  $a + b = b + a$
- b. **Asosiatif:** Beberapa operan dapat dihubungkan tanpa mengubah hasilnya.  
Misalnya :  $(a + b) + c = a + (b + c)$
- c. **Distributif:** Operasi logika dapat didistribusikan terhadap operasi lainnya.  
Misalnya :  $a + (b \times c) = (a + b) \times (a + c)$
- d. **Identitas:** Terdapat elemen identitas untuk setiap operasi logika.  
Misalnya :  $a + 0 = a$ ,  $0 =$  elemen zero
- e. **Komplemen**  
Misalnya :  $a + a' = 1$

f. **Idempoten**

Misalnya :  $a + a = a$

g. **Boundednes**

Misalnya :  $a + 1 = 1$

h. **Absorbi**

Misalnya :  $a + (a \times b) = a$

i. **Involusi**

Misalnya :  $(a')' = a$  ;  $0' = 1$

## 2. Operasi Logika Dasar

Operasi logika atau fungsi logika merupakan hubungan antara 2 variabel masukan biner yang biasa kita sebut true dan *false*, atau disebut x dan y, atau disebut juga a dan b dan variabel keluaran dari suatu rangkaian digital yang mengikuti hukum aljabar boolean.



Gambar 4.1 Gerbang Logika Dasar

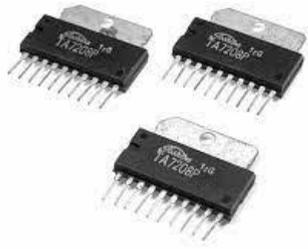
Gerbang logika atau dalam bahasa inggrisnya disebut *Logic Gate* dasar pembentuk sistem elektronika digital yang berfungsi mengubah satu atau beberapa bentuk input menjadi sebuah sinyal output. Gerbang logika hanya memiliki bilangan biner yakni memiliki 2 kode simbol yakni **0** dan **1** dengan menggunakan teori aljabar boolean.

Jenis- jenis gerbang logika dasar dan simbolnya akan dijelaskan secara lebih rinci pada pembahasan berikut ini:

a. Operasi AND

Pada gerbang logika AND, masukan dianggap tinggi jika semua keluaran logika juga tinggi. Sebaliknya, jika masukan berada pada tingkat

rendah, keluaran logika juga akan menjadi rendah. Jenis gerbang logika ini dapat ditemukan dalam salah satu komponen listrik, yaitu IC 7208.



Gambar 4.2. IC 7208

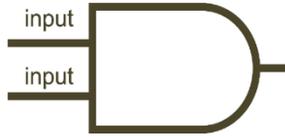
Operasi logika AND (Konjungsi) menghasilkan nilai True hanya jika kedua operandnya True. Representasinya menggunakan simbol "&" atau tanda titik ( $\bullet$ ).

Misalnya:  $X.Y$  atau  $Z = X \cdot Y$

Tabel 4. 3. Tabel nilai AND

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Jika nilai input X dan Y operasi hanya bernilai *true* maka nilai outputnya adalah *true* seperti tabel 4.3 di atas, dengan simbol notasi akan ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini:



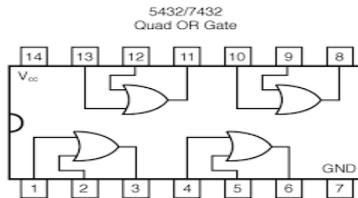
Gambar 4.3. Simbol Notasi AND

Operasi AND tersebut memiliki 2 input kita sebut x dan y, dan notasi AND kemudian memiliki 1 output seperti pada gambar 4.3. Sementara itu, keluaran dari gerbang logika AND hanya terdapat di sisi kanan. Gerbang logika AND akan menghasilkan keluaran logika tinggi jika karakteristik masukan adalah tinggi, sehingga keluaran juga akan menjadi tinggi.

b. Operasi OR

Gerbang logika OR merupakan gerbang logika yang sangat simpel karena menggunakan resistor dan transistor.

Pada prinsip kerjanya, gerbang logika OR memanfaatkan dua masukan daya listrik. Jika salah satu masukan diaktifkan, akan menghasilkan keluaran yang aktif. Komponen gerbang logika OR dapat ditemukan pada IC 7432.



Gambar 4.4. IC 7432

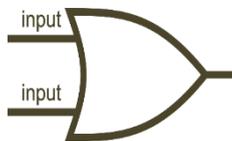
Operasi logika OR (Disjungsi) menghasilkan nilai True jika setidaknya satu operannya True. Nilai output akan bernilai 1 jika salah satu inputan x atau y bernilai 1. Representasinya menggunakan simbol "+" atau tanda tambah (v).

Misalnya :  $Z = X + Y$

Tabel 4. 4. Tabel kebenaran OR

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

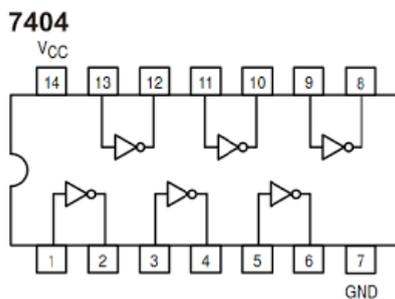
Simbol untuk tabel kebenaran OR atau (Disjungsi) juga memiliki 2 inputan sesuai gambar 4.4 di bawah ini, dan 1 (satu ) Ouput yang dihasilkan juga.



Gambar 4.5. Notasi OR

c. Operasi NOT

Gerbang logika NOT merupakan gerbang logika yang mampu melakukan operasi peniadaan atau pembalikan keadaan logika. Nama "NOT" diberikan karena kemampuan gerbang logika ini. Selain itu, gerbang logika NOT juga dikenal sebagai rangkaian inverter. Komponen gerbang logika NOT dapat dijumpai dalam IC 7404.



Gambar 4.6. Struktur Model IC 7404

Operasi logika NOT (negasi) menghasilkan nilai kebalikan dari operannya. Representasinya menggunakan simbol tanda garis miring atas ( $\neg$ ) atau tanda seru (!).

Tabel 4. 5. Tabel kebenaran NOT

INPUT	
X	OUTPUT
0	1
1	0

Untuk operasi NOT, berlaku kebalikan dari negasi inputan, jika  $X = 1$  maka nilai outputnya atau  $Z=0$ , begitu sebaliknya jika nilai  $X=0$  maka nilai output atau  $Z= 1$ . Dan lambang notasi akan ditunjukkan seperti gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4.7. Notasi NOT

### 3. Gerbang Logika Tambahan: XOR, NAND, NOR, XNOR

#### a. Gerbang Logika XOR (exclusive OR)

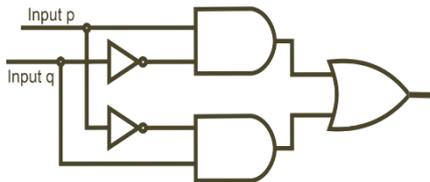
Gerbang logika tambahan seperti XOR (exclusive OR), NAND (NOT AND), dan NOR (NOT OR) memiliki fungsi khusus dalam desain sirkuit. Gerbang XOR merupakan kombinasi dari gerbang NOT, AND, dan OR. Selain dari ketiga kombinasi tersebut, gerbang logika XOR juga dapat menggunakan kombinasi gerbang logika lainnya. Karena mampu menggabungkan berbagai gerbang logika, gerbang logika XOR juga dikenal sebagai gerbang eksklusif. Gerbang XOR dapat dijumpai dalam komponen elektronika IC 7486.

Tabel 4. 6. Tabel kebenaran XOR

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Gerbang logika XOR memiliki tabel kebenaran yang menghasilkan keluaran "1" dua kali dan keluaran "0" dua kali. Jika kedua masukan identik, keluaran akan menjadi "0". Namun, jika kedua masukan berbeda, keluaran akan menjadi "1".

Dengan demikian, gerbang logika XOR akan memberikan keluaran logika rendah ketika kedua masukan memiliki karakteristik yang sama. Sebaliknya, gerbang logika XOR akan memberikan keluaran logika tinggi jika kedua masukan memiliki karakteristik yang berbeda. Berikut simbol untuk notasi XOR dan ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.8. Notasi XOR

Model notasi pada rangkaian logika XOR biasanya di ringkas dengan model sederhana dalam menggambarkan notasinya, seperti gambaran berikut ini:



Gambar 4.9. Ringkasan Notasi XOR

Dengan simbol yang terlihat di atas, gerbang logika XOR memiliki dua masukan dan hanya satu keluaran. Gerbang logika XOR akan memberikan keluaran logika tinggi jika masing-masing masukan memiliki kombinasi logika tinggi dan logika rendah. Secara sederhana, apabila kedua masukan memiliki logika yang sama, keluaran akan menjadi logika rendah.

b. Gerbang Logika NAND

Gerbang logika NAND merupakan hasil kombinasi antara gerbang logika AND dan gerbang logika NOT. Dari penyatuan kedua logika tersebut, dapat diinterpretasikan sebagai NOT AND atau disingkat menjadi NAND. Gerbang logika NAND dapat dijumpai dalam komponen elektronika IC 7400.

Tabel 4. 7. Tabel kebenaran NAND

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Tabel kebenaran gerbang logika NAND mengindikasikan bahwa apabila masukan terdiri dari angka "1" dan "1", maka keluaran yang dihasilkan adalah angka "0". Sebaliknya, jika masukan terdiri dari angka "0" dan "0", keluaran yang dihasilkan adalah angka "1".

Dari tabel kebenaran gerbang logika NAND di atas, dapat disimpulkan bahwa setiap keluaran merupakan kebalikan dari keluaran gerbang logika AND. Oleh karena itu, gerbang logika NAND dapat dianggap sebagai hasil keluaran yang dibalik atau dinegasi dari gerbang logika AND.

Berikut simbol untuk notasi NAND dan ditunjukkan pada gambar 4.10 berikut ini:



Gambar 4.10. Notasi NAND

Model notasi pada rangkaian logika NAND biasanya di ringkas dengan model sederhana dalam menggambarkan notasinya, seperti gambaran berikut ini:



Gambar 4. 11. Notasi NAND

Dengan simbol yang tertera di atas, gerbang logika NAND mempunyai dua masukan dan satu keluaran. Jika satu atau lebih masukan memiliki sifat logika rendah, gerbang logika akan menghasilkan keluaran berlogika tinggi.

c. Gerbang Logika NOR

Gerbang logika NOR adalah gerbang logika gabungan dari gerbang logika OR dan gerbang logika NOT. Gerbang logika NOR bisa kamu temukan pada komponen listrik yang bernama IC 7436.

Tabel 4.8. Tabel kebenaran NOR

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Berdasarkan tabel kebenaran yang diberikan, gerbang logika NOR memiliki dua input dan satu output. Saat kedua input berupa angka "0", output yang dihasilkan adalah "1". Namun, jika kedua input adalah angka "1", output yang dihasilkan akan menjadi "0".

Jika diperhatikan dari tabel kebenaran, keluaran dari gerbang logika NOR merupakan kebalikan dari keluaran yang dihasilkan oleh gerbang logika OR. Oleh karena itu, gerbang logika NOR dapat dianggap sebagai keluaran dari gerbang logika OR yang dibalik.

Berikut simbol untuk notasi NOR dan ditunjukkan pada gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4.12. Notasi NOR

Model notasi pada rangkaian logika NOR biasanya di ringkas dengan model sederhana dalam menggambarkan notasinya, seperti gambaran berikut ini:



Gambar 4.13. Notasi NOR setelah di sederhanakan

Pada simbol yang ditunjukkan di atas, gerbang logika NOR memiliki dua masukan dan menghasilkan satu keluaran. Gerbang logika NOR akan memberikan keluaran tinggi jika kedua masukan memiliki logika rendah. Secara sederhana, jika salah satu masukan memiliki logika tinggi, keluaran akan menjadi logika rendah. Dan pada gambar 4.13 adalah penyederhanaan dari simbol notasi NOR.

d. Gerbang Logika XNOR

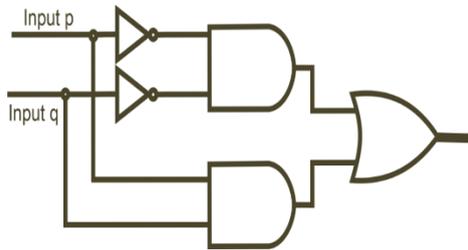
Gerbang logika XNOR adalah gabungan dari gerbang logika XOR dan gerbang logika NOT. Dari gabungan logika tersebut, maka disingkat menjadi XNOR atau Exclusive NOR. Gerbang logika XNOR dapat ditemukan pada komponen elektronika IC 7266.

Tabel 4.9. Tabel kebenaran XNOR

INPUT		OUTPUT
X	Y	
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Tabel kebenaran gerbang logika XNOR menjelaskan bahwa jika kedua masukan sama, hasil keluaran akan menjadi angka "1". Sebaliknya, jika kedua masukan berbeda, keluaran yang dihasilkan akan menjadi angka "0". Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tabel kebenaran XNOR merupakan kebalikan dari tabel kebenaran XOR.

Berikut simbol untuk notasi XNOR dan ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut ini:



Gambar 4.14. Notasi XNOR

Model notasi pada rangkaian logika XNOR biasanya di ringkas dengan model sederhana dalam menggambarkan notasinya, seperti gambaran berikut ini:



Gambar 4.15. Ringkasan notasi XNOR

Pada simbol di atas, gerbang logika XNOR memiliki dua masukan dengan satu keluaran saja. Gerbang logika XNOR akan tinggi jika masukan memiliki karakteristik atau jumlah logika yang sama. Misalnya, dua masukan dengan logika rendah akan mengeluarkan logika yang tinggi dan dua masukan dengan logika tinggi akan mengeluarkan logika yang tinggi juga.

#### 4. Aplikasi Aljabar Boolean dalam Rangkaian Logika

Aljabar Boolean diterapkan dalam desain sirkuit logika, di mana variabel dan operasi logika digunakan untuk menggambarkan fungsi logika yang diinginkan.

### **C. Kesimpulan**

Gerbang logika merupakan penyusun dari perangkat elektronika digital. Setiap gerbang logika dapat digambarkan melalui tabel kebenaran. Setiap tabel kebenaran menggunakan sistem aljabar dari Boolean. Oleh sebab itu, tabel kebenaran hanya berupa angka 1 dan angka 0.

# BAB V

## RANGKAIAN KOMBINASIONAL DAN PERBEDAANNYA DENGAN RANGKAIAN SEKUENSIAL

### A. Rangkaian Kombinasional

Implementasi SOP dan POS awalnya digunakan untuk menggabungkan logik. Setelah gate logic dihubungkan satu sama lain dan diberi input yang berbeda, gate logic tersebut akan menghasilkan output yang berbeda. Level input pada logic kombinasi selalu bergantung pada level input.

Dengan menggunakan sebuah atau lebih fungsi boolean, rangkaian kombinasional melakukan operasi yang dapat ditentukan secara logika. Rangkaian ini terdiri dari gerbang logika yang memiliki output yang selalu bergantung pada kombinasi input yang ada.

#### 1. Bentuk *Sum of Product* (SOP)

Metode penyederhanaan dan desain rangkaian logika yang akan kita pelajari membutuhkan ekspresi logika dalam bentuk *sum-of-products* (SOP). Beberapa contoh dari bentuk ini adalah:

- ❖  $ABC + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$
- ❖  $AB + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{B}C$
- ❖  $BC + B\overline{C} + D\overline{E} + \overline{D}EF$

Masing-masing ekspresi *sum-of-products* ini terdiri dari dua atau lebih istilah AND (produk) yang di-OR bersama. Setiap istilah AND terdiri dari satu atau lebih variabel yang muncul secara individual baik dalam bentuk yang dilengkapi atau tidak dilengkapi. Misalnya, dalam ekspresi *sum-of-products*  $ABC + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$ , produk AND

pertama berisi variabel A, B, dan C dalam bentuk tak terkomplemen (tidak terbalik). Suku AND kedua berisi A dan C dalam bentuk komplemen (terbalik). Perhatikan bahwa dalam ekspresi *sum-of-products*, satu tanda inversi tidak dapat mencakup lebih dari satu variabel dalam suatu suku (misalnya, kita tidak dapat memiliki  $ABC\bar{\phantom{A}}$  atau  $RST\bar{\phantom{R}}$ ).

Bentuk umum lain untuk ekspresi logika kadang-kadang digunakan dalam desain rangkaian logika. Disebut bentuk *product-of-sums* (POS), terdiri dari dua atau lebih istilah OR (penjumlahan) yang AND bersama-sama. Setiap istilah OR berisi satu atau lebih variabel dalam bentuk yang dilengkapi atau tidak dilengkapi. Berikut adalah beberapa ekspresi *product-of-sum*:

- ❖  $(A + \bar{B} + C)(A + C)$
- ❖  $(A + B)(\bar{A} + \bar{C})F$
- ❖  $(A + B)(C + B)(\bar{C} + D)(\bar{E} + \bar{D})$

Metode penyederhanaan dan desain rangkaian yang akan kita gunakan didasarkan pada bentuk *sum-of-products* (SOP), jadi kita tidak akan berbuat banyak dengan bentuk *product-of-sums* (POS). Namun, itu akan terjadi dari waktu ke waktu di beberapa rangkaian logika yang memiliki struktur tertentu.

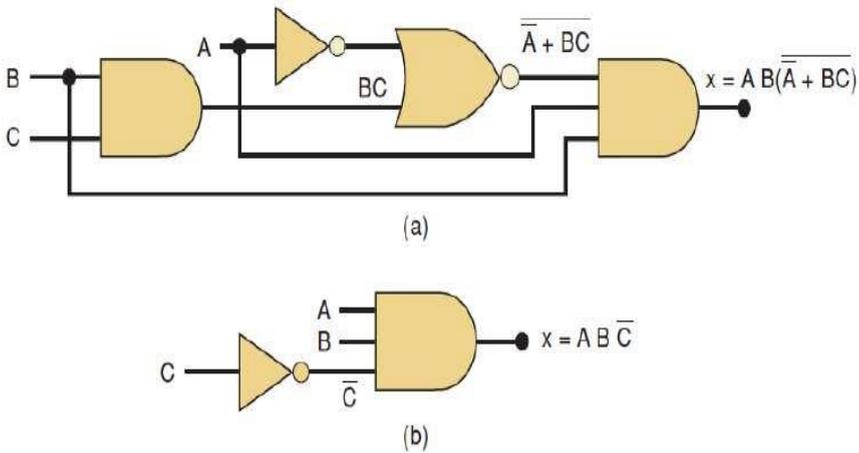
## 2. Penyederhanaan Rangkaian Logika

Setelah ekspresi untuk rangkaian logika diperoleh, kita dapat mereduksinya menjadi bentuk yang lebih sederhana yang berisi lebih sedikit suku atau lebih sedikit variabel dalam satu suku atau lebih. Ekspresi baru kemudian dapat digunakan untuk mengimplementasikan rangkaian yang setara dengan rangkaian asli tetapi mengandung lebih sedikit gerbang dan koneksi.

Sebagai ilustrasi, rangkaian Gambar 5.1 (a) dapat disederhanakan untuk menghasilkan rangkaian Gambar 5.1 (b). Kedua rangkaian menjalankan logika yang sama, jadi jelaslah bahwa rangkaian yang lebih sederhana lebih diinginkan karena mengandung lebih sedikit gerbang dan oleh karena itu akan lebih kecil dan lebih murah daripada aslinya.

Selanjutnya, keandalan rangkaian akan meningkat karena ada lebih sedikit interkoneksi yang dapat menjadi potensi gangguan rangkaian.

Selanjutnya akan dipelajari dua metode untuk menyederhanakan rangkaian logika. Salah satu metode akan menggunakan teorema aljabar Boolean, metode lainnya adalah *Karnaugh Map* (pemetaan Karnaugh) adalah pendekatan langkah demi langkah yang sistematis. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, metode terakhir agak mekanis dan tidak berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang aljabar Boolean.

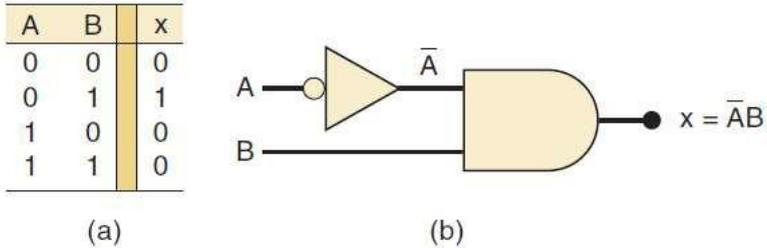


Gambar 5.1 Penyederhanaan rangkaian logika secara berurutan

### 3. Perancangan Rangkaian Logika Kombinasional

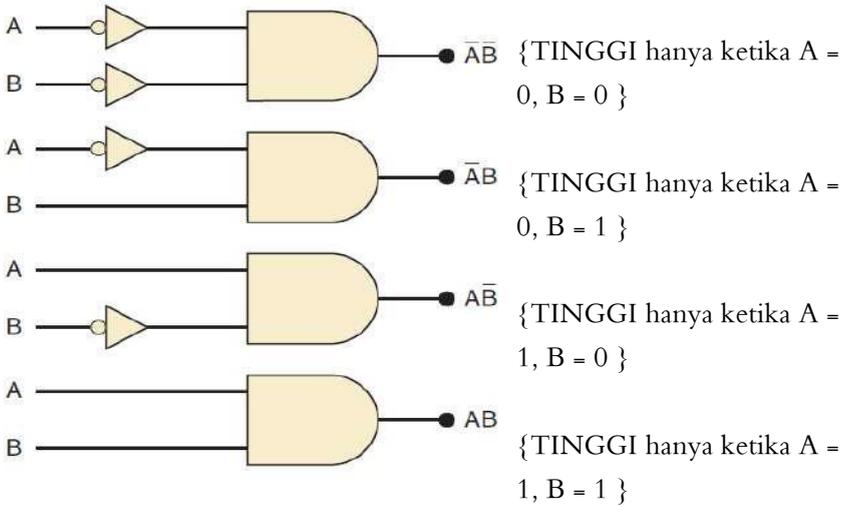
Ketika tingkat keluaran yang diinginkan dari rangkaian logika diberikan untuk semua kemungkinan kondisi masukan, hasilnya dapat dengan mudah ditampilkan dalam tabel kebenaran. Ekspresi Boolean untuk rangkaian yang diperlukan kemudian dapat diturunkan dari tabel kebenaran. Sebagai contoh, perhatikan Gambar 5.2 (a), di mana tabel kebenaran ditampilkan untuk rangkaian yang memiliki dua input, A dan B, dan output x. Tabel menunjukkan bahwa output x berada pada level 1 hanya untuk kasus di mana  $A = 0$  dan  $B = 1$ . Jelas bahwa salah satu solusi yang mungkin adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 (b). Di sini

gerbang AND digunakan dengan input A dan B, sehingga  $x = a \cdot b$ . Jelas x akan menjadi 1 hanya jika kedua input ke gerbang AND adalah 1, yaitu  $a = 1$ , (yang berarti bahwa  $A = 0$ ) dan  $B = 1$ . Untuk semua nilai A dan B lainnya, output x akan menjadi 0.



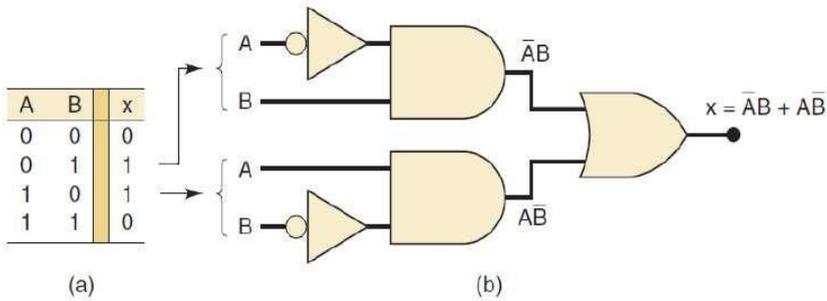
Gambar 5.2 Rangkaian yang menghasilkan output 1 hanya untuk kondisi  $A = 0$ ,  $B = 1$  Pendekatan serupa dapat digunakan untuk kondisi input lainnya.

Misalnya, jika x menjadi tinggi hanya untuk kondisi  $A = 1$ ,  $B = 0$ , rangkaian yang dihasilkan akan menjadi gerbang AND dengan input A dan B. Dengan kata lain, untuk salah satu dari empat kondisi input yang mungkin, kita dapat menghasilkan a output x tinggi dengan menggunakan gerbang AND dengan input yang sesuai untuk menghasilkan produk AND yang diperlukan. Empat kasus yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5.3 a. Masing-masing gerbang AND yang ditunjukkan menghasilkan output yaitu 1 hanya untuk satu kondisi input yang diberikan dan outputnya adalah 0 untuk semua kondisi lainnya. Perlu dicatat bahwa input AND dibalik atau tidak dibalik tergantung pada nilai yang dimiliki variabel untuk kondisi yang diberikan. Jika variabel adalah 0 untuk kondisi yang diberikan, itu dibalik sebelum memasuki gerbang AND.



Gambar 5.3 Gerbang AND dengan set level input tertentu untuk menghasilkan output logika 1

Dapat diperhatikan bahwa kasus yang ditunjukkan pada Gambar 5.4 (a), di mana tabel kebenaran yang menunjukkan bahwa output x adalah 1 untuk dua kasus yang berbeda:  $A = 0, B = 1$  dan  $A = 1, B = 0$ . Dapat dilihat bahwa suku AND  $\overline{A} \cdot B$  akan menghasilkan 1 hanya untuk kondisi  $A = 0, B = 1$ , dan suku AND  $A \cdot \overline{B}$  akan menghasilkan 1 untuk kondisi  $A = 1, B = 0$ . Karena X harus TINGGI untuk kedua kondisi, harus jelas bahwa istilah-istilah ini harus di-OR-kan bersama untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan, x. Implementasi ini ditunjukkan pada Gambar 5.4 (b), di mana ekspresi yang dihasilkan untuk output adalah  $X = \overline{A}B + A\overline{B}$ .



Gambar 5.4 Output AND di-OR-kan untuk menghasilkan output akhir.

Dalam contoh ini, istilah AND dibangkitkan untuk setiap kasus dalam tabel di mana keluaran x adalah 1. Keluaran gerbang AND kemudian di-OR-kan bersama-sama untuk menghasilkan keluaran total x, yang akan menjadi 1 jika salah satu suku AND adalah 1. Prosedur yang sama ini dapat diperluas ke contoh dengan lebih dari dua input. Pertimbangkan tabel kebenaran untuk rangkaian tiga input dengan persamaan 5.1 (Tabel 5.1). Di sini ada tiga kasus di mana output x menjadi 1. Istilah AND yang diperlukan untuk masing-masing kasus ini ditampilkan. Sekali lagi, perhatikan bahwa untuk setiap kasus di mana sebuah variabel adalah 0, variabel itu muncul terbalik dalam istilah AND. Ekspresi penjumlahan hasil kali untuk x diperoleh dengan meng-OR-kan ketiga suku AND.

$$X = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC \tag{2.1}$$

Tabel 5.1 Tabel kebenaran dari persamaan 2.1

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Setiap masalah logika dapat diselesaikan dengan menggunakan prosedur langkah- demi-langkah berikut.

1. Interpretasikan masalah dan buat tabel kebenaran untuk menjelaskan operasinya.
2. Tulis istilah AND (produk) untuk setiap kasus di mana outputnya adalah 1.
3. Tulis ekspresi *sum-of-products* (SOP) untuk persamaan output.
4. Sederhanakan ekspresi keluaran jika memungkinkan.
5. Implementasikan rangkaian untuk ekspresi akhir yang disederhanakan.

Berikut ini adalah contoh langkah-langkah perancangan sistem rangkaian logika yang memiliki tiga input, A, B, dan C, dan outputnya akan TINGGI hanya jika sebagian besar inputnya TINGGI:

**Langkah 1. Siapkan tabel kebenaran.**

Berdasarkan pernyataan masalah, output x harus 1 setiap kali dua atau lebih input adalah 1; untuk semua kasus lainnya, outputnya harus 0 (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Tabel kebenaran untuk penyelesaian tiga input satu output

A	B	C	X	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	→ $ABC$
1	0	0	0	
1	0	1	1	→ $A\bar{B}C$
1	1	0	1	→ $AB\bar{C}$
1	1	1	1	→ $ABC$

**Langkah 2. Tulis suku AND untuk setiap kasus dengan output 1.**

Ada empat kasus seperti itu. Istilah AND ditampilkan di sebelah tabel kebenaran (Tabel 5.2). Sekali lagi perhatikan bahwa setiap istilah AND berisi setiap variabel input baik dalam bentuk terbalik maupun tidak.

**Langkah 3. Tulis ekspresi sum-of-products untuk outputnya.**

$$X = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC \quad (2.2)$$

**Langkah 4. Sederhanakan ekspresi output.**

Ekspresi ini dapat disederhanakan dalam beberapa cara. Mungkin cara tercepat adalah dengan menyadari bahwa suku terakhir ABC memiliki dua variabel yang sama dengan setiap suku lainnya. Dengan demikian, kita dapat menggunakan suku ABC untuk memfaktorkan dengan masing-masing suku lainnya. Ekspresi tersebut ditulis ulang dengan suku ABC muncul tiga kali.

$$X = \overline{A}BC + ABC + A\overline{B}C + ABC + AB\overline{C} + ABC \quad (2.3)$$

Memfaktorkan pasangan suku-suku yang sesuai, maka diperoleh

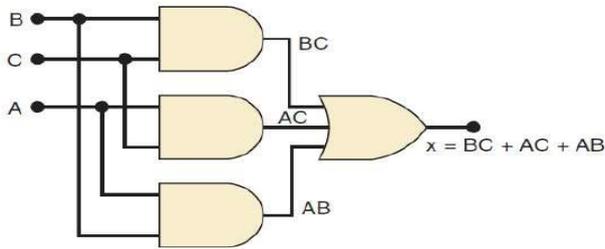
$$X = BC(A + \overline{A}) + AC(\overline{B} + B) + AB(C + \overline{C}) \quad (2.4)$$

Setiap istilah dalam tanda kurung sama dengan 1, jadi hasilnya

$$X = BC + AC + AB \quad (2.5)$$

**Langkah 5. Implementasikan rangkaian untuk ekspresi akhir.**

Ekspresi ini diimplementasikan pada Gambar 5.5. Karena ekspresi dalam bentuk SOP, rangkaian terdiri dari sekelompok gerbang AND yang bekerja menjadi satu gerbang OR.



Gambar 5.5 Diagram rangkaian logika dari persamaan 5.5

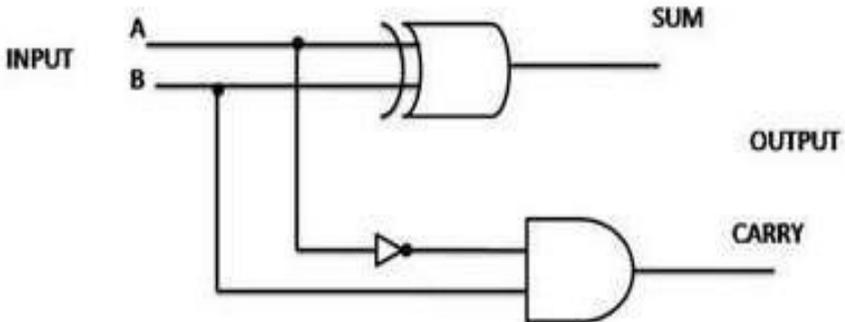
Rangkaian kombinasional dibagi menjadi 3 tipe yaitu rangkaian aritmatik, data transmission dan kode konversi.

### 1.1 Rangkaian Aritmatik

Rangkaian aritmatika adalah suatu rangkaian yang terdiri dari gabungan beberapa gerbang digital yang menghasilkan fungsi aritmatika, seperti penambahan dan pengurangan. Rangkaian aritmatika ini bekerja dengan sangat cepat yaitu dalam mikrodetik, hal ini dikarenakan rangkaian-rangkaian ini mempunyai sifat elektronis.

#### 1.1.1 Half Subtractor

Half Subtractor adalah suatu rangkaian yang dapat digunakan untuk melakukan operasi pengurangan data-data bilangan biner hingga 1 bit saja. Half subtractor memiliki 2 terminal input untuk 2 variabel bilangan biner dan 2 terminal output, yaitu *summary output (sum)* dan *borrow output (borrow)* seperti digambarkan pada gambar 1 serta operasi Half Subtractor ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 5.6 Rangkaian Half Subtractor

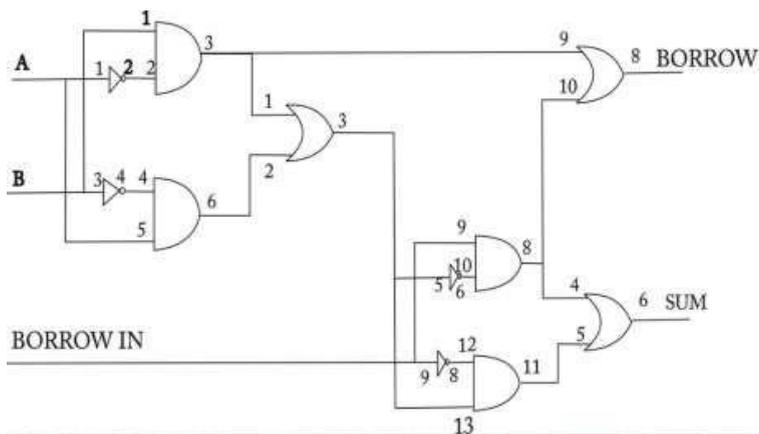
Tabel 5.3 Tabel Kebenaran Half Subtractor

INPUT		OUTPUT	
A	B	BORROW	SUM
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

(<http://wito-chandra.blogspot.com/2009/07/adder-bagian-1.html>)

### 1.1.2 Full Subtractor

Sebuah Full Subtractor mengurangkan dua bilangan yang telah dikonversikan menjadi bilangan-bilangan biner. Masing-masing bit pada posisi yang sama saling dikurangkan. Full Subtractor mengurangkan dua bit input dan nilai Borrow-Out dari pengurangan bit sebelumnya. Output dari Full Subtractor adalah hasil pengurangan dan bit pinjamannya (borrow-out) seperti digambarkan pada gambar 2 serta operasi full substractor ditunjukkan pada tabel 5.4.



Gambar 5.7 Rangkaian Full Subtractor

Tabel 5.4 Tabel Kebenaran Full Subtractor

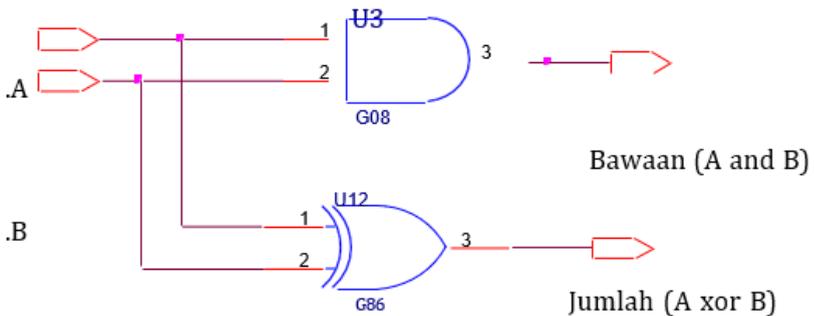
INPUT			OUTPUT	
A	B	BORROW IN	BORROW	SUM
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

(<http://wito-chandra.blogspot.com/2009/07/adder-bagian-1.html>)

### 1.1.3 Half Adder

Half Adder merupakan suatu rangkaian penjumlahan sistem bilangan biner yang paling sederhana. Rangkaian ini hanya dapat digunakan untuk operasi penjumlahan data bilangan biner sampai 1 bit saja.

Rangkaian Half adder digambarkan pada gambar10 yang memiliki 2 terminal input untuk dua variabel bilangan biner dan 2 terminal output, yaitu summary out (sum) dan carry out (carry). Sum merupakan keluaran gerbang Exclusive-OR (XOR), sedangkan CARRY merupakan keluaran dari gerbang AND. Operasi Half Adder ditunjukkan pada tabel 10.



Gambar 5.8 Rangkaian Half Adder

Tabel 5.5 Tabel Kebenaran Half Adder

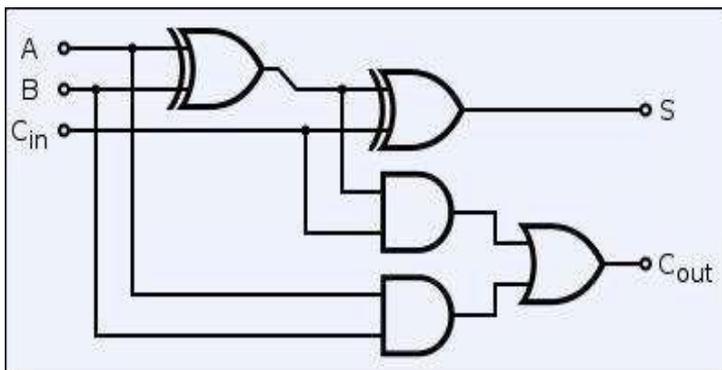
A	B	CARRY	SUM
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(<http://wito-chandra.blogspot.com/2009/07/adder-bagian-1.html>)

### 1.1.4 Full Adder

Berbeda dengan Half Adder, pada Full Adder dapat dijumlahkan beberapa bit bilangan biner sedangkan pada Half Adder hanya bisa menambahkan satu bit bilangan biner saja.

Membangun sebuah Adder dibutuhkan suatu rangkaian yang dapat menangani tiga angka sekaligus dengan menghubungkan dua buah Half Adder serta sebuah gerbang OR dua masukan dan diperoleh sebuah rangkaian dengan fungsi penambah penuh (full adder) seperti pada gambar 5.9 Operasi full adder ditunjukkan pada tabel 5.6.



Gambar 5.9 Operasi full adder

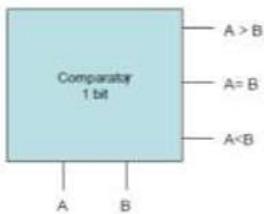
Tabel 5.6 Kebenaran Full Adder

INPUT			OUTPUT	
A	B	Cin	Cout	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

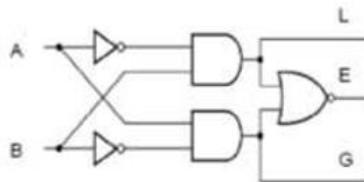
(<http://wito-chandra.blogspot.com/2009/07/adder-bagian-1.html>)

### 1.1.5 Komparator

Rangkaian komparator adalah satu jenis penerapan rangkaian kombinasional yang mempunyai fungsi utama membandingkan dua data digital. Hasil perbandingan itu adalah, sama, lebih kecil, atau lebih besar. Gambar 5.10 menggambarkan gate EXOR sebagai komparator dengan 2-bit input dan tabel 5.7 menunjukkan operasi rangkaian komparator.



a. Blok Diagram



b. Rangkaian dari Gerbang Logika

Gambar 5.10 Rangkaian Komparator

Tabel 5.7 Tabel Kebenaran Komparator

A	B	A<B	A>B	A=B
0	0	0	0	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1

(<http://rezaakhmadg.blogspot.com/2012/03/organisasi-dan-arsitektur-komputer-bab.html>)

## B. Rangkaian Sekuensial

### 1. Deskripsi singkat

Saat ini, dalam teknologi digital, terjadi kemajuan besar dalam pengembangan rangkaian elektronik dalam domain digital dan analog. Selain itu, kompleksitas meningkat dengan cepat seiring dengan perkembangan. Peningkatan kompleksitas ini memungkinkan pengembang dan desainer untuk membuat struktur dan desain rekayasa modern di bidang elektronik, yang memungkinkan evolusi rangkaian sekuensial. Input saat ini dan variabel output sebelumnya digunakan untuk membuat output rangkaian sekuensial. Ini menunjukkan bahwa rangkaian sekuensial terdiri dari elemen memori yang memiliki kemampuan untuk menyimpan informasi biner, yang mendefinisikan keadaan rangkaian sekuensial pada saat itu latch yang dapat menyimpan satu bit data.

### 2. Relevansi

Sebelumnya telah dijelaskan tentang perancangan dan menganalisis rangkaian yang terdiri dari kombinasi gerbang logika. Seterusnya rangkaian tersebut dapat diklasifikasikan sebagai rangkaian logika kombinasional, level logika pada output bergantung pada kombinasi level logika yang ada pada input. Rangkaian kombinasional tidak memiliki karakteristik memori, sehingga keluarannya hanya bergantung pada nilai arus masukannya.

Pada bab ini akan dipelajari jenis rangkaian sekuensial seperti flip-flop, register dan beberapa jenis pencacah. Disini juga akan dibahas bagaimana merancang rangkaian sekuensial menggunakan teknik HDL. Beberapa metode untuk memperluas kapasitas rangkaian ini juga akan dibahas dan berfokus pada dasar-dasar HDL untuk rangkaian sekuensial. Kemampuan HDL yang kuat dikombinasikan dengan perangkat keras PLD akan memberikan eksperimen lebih lanjut dengan rangkaian sekuensial yang jauh lebih canggih dalam materi yang lebih maju.

### **3. Rangkaian Sekuensial**

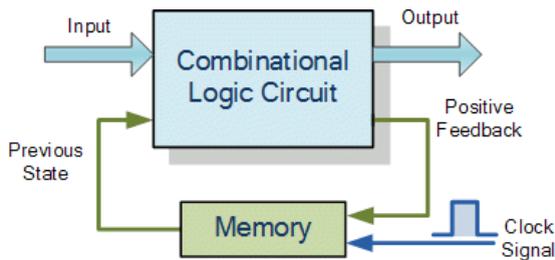
Rangkaian sekuensial adalah asimilasi rangkaian logika kombinasional dan elemen penyimpanan. Logika kombinasional dan elemen penyimpanan diintegrasikan dalam rangkaian sekuensial. Logika kombinasional menggunakan input dan menurunkan output rangkaian. Variabel input saat ini dan yang disimpan sebelumnya membentuk output rangkaian sekuensial ini. Siklus clock berikutnya menerima output. Data biner disimpan di perangkat memori rangkaian sekuensial, dan keadaan rangkaian sekuensial digambarkan oleh informasi biner ini. Ada dua jenis input logika kombinasional: input eksternal yang tidak dipengaruhi oleh keadaan rangkaian dan input internal yang kondisi outputnya dipengaruhi oleh keadaan output sebelumnya. Ini terjadi karena rangkaian sekuensial bekerja dengan rangkaian kombinasional.

Ada dua jenis rangkaian sekuensial yang umum terdapat dalam sistem digital yaitu, rangkaian sekuensial sinkron dan rangkaian sekuensial asinkron. Rangkaian sekuensial sinkron menggunakan input level dan sinyal clock sebagai input rangkaian yang memiliki batasan pada waktu propagasi rangkaian dan lebar pulsa untuk menghasilkan output. Durasi pulsa output seperti pulsa clock dari rangkaian clock. Output level mengubah statusnya pada awal pulsa input dan berlanjut hingga pulsa clock berikutnya tiba. Sampai kedatangan pulsa berikutnya, rangkaian ini tidak melakukan aktivitas sehingga operasinya sedikit lebih lambat daripada rangkaian asinkron. Rangkaian sekuensial asinkron melakukan operasinya

tanpa bergantung pada sinyal clock tetapi menggunakan pulsa input dan menghasilkan output. Karena tidak ada ketergantungan pulsa clock, rangkaian ini dapat beralih ke status berikutnya dengan cepat ketika sinyal input diubah. Jadi, ada operasi yang lebih cepat dengan rangkaian sekuensial asinkron. Beberapa contoh rangkaian sekuensial antara lain, flip-flop, S-R flip-flop, *Master-Slave* JK Flip Flop, *Delay* Flip Flop dan *Toggles* flip-flop.

Karena output dari rangkaian sekuensial didasarkan pada kondisi saat ini dan sebelumnya, elemen penyimpanan lebih penting dalam logika sekuensial. Jadi, output dari seluruh elemen penyimpanan dalam rangkaian sekuensial dan informasi biner yang dikandungnya disebut sebagai "Keadaan Rangkaian".

Status ini lebih penting dalam menentukan nilai output. Juga, data biner menggambarkan keadaan rangkaian sekuensial pada saat itu, lebih jelasnya, flip-flop adalah elemen memori yang digunakan untuk menyimpan data biner dan memiliki dua status; di mana satu negara didefinisikan sebagai "1" dan negara lain sebagai "0". Jadi, penyimpanan informasi berarti menyimpan keadaan.



Gambar 5.11 Diagram blok rangkaian sekuensial

#### 4. Flip-flop

Flip-flop (flip-flop) adalah suatu rangkaian logika yang mempunyai sifat memori dimana keluarannya selain dipengaruhi oleh masukannya juga ditentukan oleh keadaan logika keluaran sebelumnya. Oleh karena sifat memori ini hampir setiap sistem digital menggunakan flip-flop. Reset-Set (RS) – flip-flop adalah rangkaian memori dasar yang mempunyai dua

keluaran yang berlawanan yaitu :  $Q$  dan  $\bar{Q}$ . Flip-flop ini dapat dibangun dengan NAND gate dan NOR gate seperti gambar 5.12.



Gambar 5.12 Rangkaian RS flip-flop dengan gerbang NAND dan NOR

Operasi logika dari RS-flip-flop NAND gate dapat dinyatakan seperti berikut ini. Keluaran dari RS-flip-flop yang dibangun dengan NAND gate akan berlogika 1 bila  $S = 1$  dan  $R = 0$ , sebaliknya bila  $S = 0$  dan  $R = 0$ , maka keluaran dapat berada dalam salah satu dari keadaan logika "0" atau "1" sehingga disebut keadaan tidak menentu. Bila  $S = R = 1$ , maka keluaran tidak akan berubah atau sama dengan keadaan sebelumnya, keadaan inilah yang disebut memori dari flip-flop.

RS-flip-flop yang dibangun dengan NOR gate akan diperoleh keadaan operasi logika keluaran yang berbeda. Keluaran akan berlogika "1" pada saat  $S = 1$ ,  $C = 0$  dan akan berlogika "0" saat  $S = 0$ ,  $C = 1$ . Apabila  $S = C = 1$  maka keluaran keadaan tidak menentu, sedangkan bila  $S = R = 1$  maka keadaan keluaran sama dengan keadaan sebelumnya atau memori.

Tipe lain dari RS – flip-flop adalah flip-flop yang memiliki sebuah terminal masukan untuk pulsa CK (*Clock*). Fungsi dari pulsa ini adalah untuk mengaktifkan flip-flop sehingga diperoleh keadaan keluaran yang sesuai dengan keadaan R dan S yang diberikan pada flip-flop tersebut. Apabila suatu flip-flop dipengaruhi oleh suatu perubahan pulsa dari logika "1" ke "0" maka flip-flop tersebut dikatakan aktif RENDAH (*LOW*). Sedangkan bila suatu flip-flop aktif pada saat terjadi transisi CK positif, yaitu dari "0" ke "1" maka dikatakan flip-flop tersebut aktif TINGGI (*HIGH*).

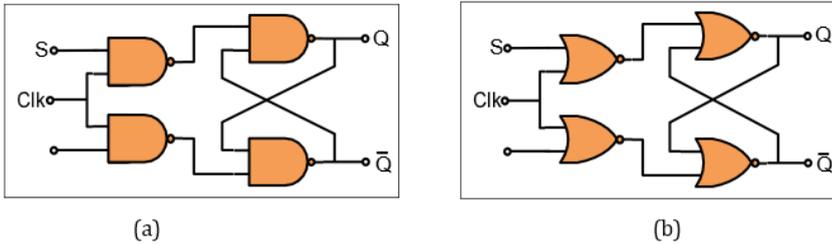
## 5. RS-*Clocked* Flip-flop

Tipe lain dari RS – flip-flop adalah flip-flop yang memiliki sebuah terminal input untuk pulsa CK (Clock). Fungsi dari pulsa ini adalah untuk mengaktifkan flip-flop sehingga diperoleh keadaan output yang sesuai dengan keadaan R dan S yang diberikan pada flip-flop tersebut. Apabila suatu flip-flop dipengaruhi oleh suatu perubahan pulsa dari logika "1" ke "0" maka flip-flop tersebut dikatakan aktif RENDAH (LOW).

Sedangkan bila suatu flip-flop aktif pada saat terjadi transisi CK positif, yaitu dari "0" ke "1" maka dikatakan flip-flop tersebut aktif TINGGI (HIGH).

Seperti halnya RS – flip-flop dasar, flip-flop ini juga dapat dibangun dengan gate-gate dasar. Salah satu contoh flip-flop jenis ini yang dibangun dengan NAND gate diperlihatkan pada Diagram Rangkaian gambar 2.8(a). Apabila gambar tersebut dianalisis maka dapat dimengerti bahwa flip-flop tidak akan dipengaruhi oleh pulsa transisi negatif karena output NAND gate 1 dan 2 akan berlogika 1 bila input CK diberi logika "0". Jadi flip-flop ini tidak akan berubah keadaan outputnya, bila mengalami transisi negatif, yang berarti flip-flop tersebut keadaan memori.

Selanjutnya bila input CLK diberi logika "1" maka keadaan outputnya ditentukan oleh input R dan S. Artinya flip-flop ini akan bekerja bila mendapat pulsa transisi positif. misalnya bila  $R = 0$  dan  $S = 1$  maka akan dihasilkan keadaan keluaran  $Q = 1$ . Flip-flop yang dibangun dengan NOR gate seperti diagram rangkaian gambar 5.13 (b) dapat dimengerti bahwa bila CLK dalam keadaan 1 maka output tidak akan berubah atau sama dengan keadaan sebelumnya (memory). Sedangkan bila diberi logika "0" maka outputnya bergantung kepada input R dan S. Jadi bila terjadi transisi pulsa negatif pada input sedangkan  $R = 0$  dan  $S = 1$  maka akan diperoleh output  $Q = 0$  sebaliknya bila  $R = 1$  :  $S = 0$  dan terjadi transisi negatif maka output  $Q = 1$ .



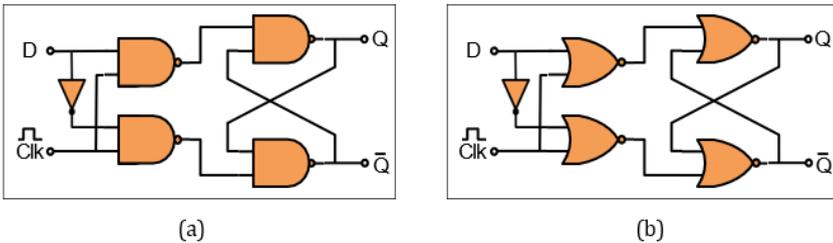
Gambar 5.13 Rangkaian RS-Clocked Flip-flop

### 6. D Flip-flop (*Delay flip-flop*)

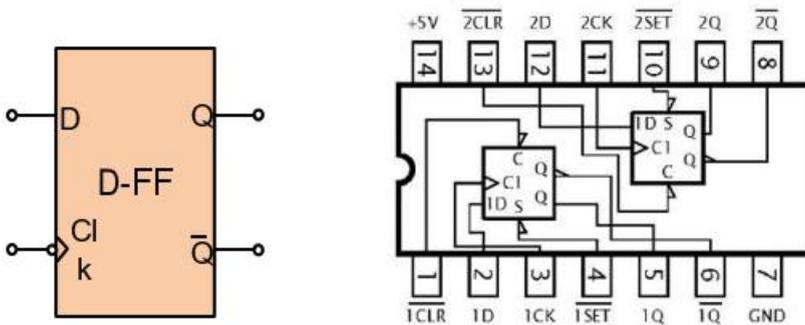
Flip flop D adalah kombinasi dari flip flop SR sederhana dengan inverter NAND yang terhubung di antara input S dan R. D flip flop memiliki satu input dan informasi input muncul pada output setelah beberapa penundaan. Jadi, delay ini menamakan flip flop ini sebagai Delay flip flop. Di sini, pada kondisi  $S = R = 0$  atau  $S = R = 1$ , maka kondisi input tidak akan muncul. Seperti yang ditunjukkan pada diagram logika pada gambar 5.14 dibawah ini, D Flip-flop dibangun dengan menggunakan input S yang diinverter S sebagai sinyal input R. Input disimbolkan "D" untuk membedakan operasi ini dengan tipe flip-flop yang lain. Hal ini tidak berbeda bahwa sinyal input R diclock dua kali, sejak sinyal CLK akan membolehkan sinyal-sinyal untuk lewat melalui kedua gerbang itu atau tidak lewat.

Pada D Flip-flop, jika input CLK berlogika 1, output Q akan selalu mengeluarkan logika sesuai input dari D, tidak mempedulikan perubahannya. Ketika input CLK jatuh ke logika 0, kondisi terakhir dari input D terkurung dan disimpan pada Flip-flop, untuk digunakan rangkaian lain yang membutuhkan sinyal ini. Contoh D – flip-flop yang dibangun dengan RS – flip-flop CLOCKED diperlihatkan pada diagram rangkaian gambar 5.14 D – flip-flop yang dibangun dengan NAND gate dan inverter (gambar 5.14a) akan aktif pada saat mengalami transisi pulsa positif. Sedangkan bila dibangun dengan NOR gate dan inverter, flip-flop tersebut akan aktif jika mengalami transisi negatif (gambar 5.14b).

D – flip-flop telah terdapat dalam rangkaian terpadu secara khusus dengan beberapa tipe. Salah satu tipe D – flip-flop dalam keluarga (family) TTL adalah 7474 dan 7475. Di dalam satu kemasan (chip) terdapat dua atau lebih D – flip-flop sebagian dari tipe flip-flop tersebut mempunyai input seperti set dan reset (gambar 5.15).



Gambar 5.14 Rangkaian D Flip-flop dengan gerbang logika



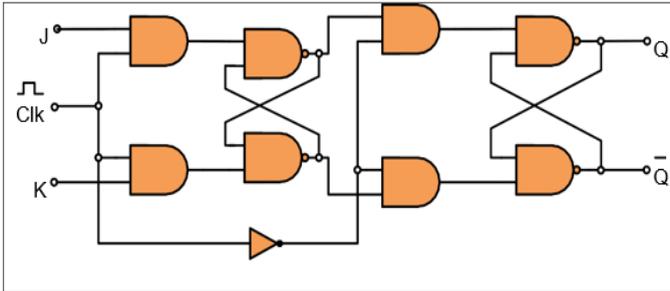
Gambar 5.15 Simbol logika D Flip-flop dan konfigurasi pin IC TTL 7474

## 7. JK Flip Flop

Jenis lain dari flip – flop adalah JK–flip–flop. Input – inputnya J dan K dari JK- flip-flop mengontrol keadaan output flip-flop dengan cara yang sama seperti S dan R dari RS–flip–flop. Kecuali bahwa pada keadaan  $J = K = 1$  tidak menghasilkan keadaan tak menentu melainkan keadaan yang berlawanan dengan keadaan sebelumnya bila terjadi transisi CK yang sesuai. Keadaan seperti ini dikatakan terjadinya operasi toggle.

Ini adalah kombinasi dari dua SR flip flop yang menghubungkan output yang diterima dari flip-flop kedua ke flip-flop pertama. Master

dianggap sebagai level positif yang dipicu. Tetapi dengan adanya clock line inverter, slave bertindak sebagai respons hanya pada level negatif. Jadi, ketika clock dalam keadaan '1', master menjadi aktif dan budak dalam mode tidak aktif. Dan ketika clock dalam keadaan '0', master menjadi tidak aktif dan budak dalam mode aktif.



Gambar 5.16 Rangkaian *Master-Slave* JK-flip-flop disusun dari SR-flip-flop

Seperti halnya D-flip-flop, flip – flop ini juga mempunyai input asinkron seperti set dan reset (clear). JK-flip-flop dapat dibangun dengan gate – gate logika, walaupun sebenarnya telah ada yang terdapat dalam rangkaian terpadu (IC). Selanjutnya berdasarkan uraian pada bagian sebelumnya, dapat dikatakan bahwa JK-flip-flop lebih baik dari RS-flip-flop karena dalam hal ini tidak terdapat keadaan tak menentu. Oleh karena itu JK-flip-flop penggunaannya lebih luas dari RS-flip-flop dalam sistem – sistem digital.



# BAB VI

## FUNGSI KOMPONEN INTERNAL CPU DAN SISTEM OPERASI

### A. Fungsi dan Komponen internal CPU

TCPU (Central Processing Unit) adalah Otak sistem komputer, yang menerima instruksi dan menggunakannya untuk memproses data. Operasi Komputer :

Untuk menyelesaikan pekerjaan, CPU perlu melakukan hal berikut:

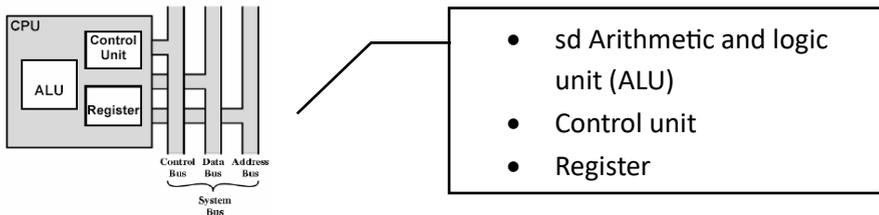
- Menyimpan informasi untuk jangka waktu yang lebih lama;
- Memungkinkan unit pemrosesan pusat untuk mengakses lokasi instruksi sebelumnya;
- Selalu menyimpan informasi dan instruksi untuk durasi instruksi saat ini; dan
- Sebuah potongan kecil memori di atas kapal yang dikenal sebagai registri diperlukan untuk ini.

Aktivitas CPU:

- Fetch Instructions (Mengambil Instruksi): Untuk mengakses memori, CPU harus digunakan;
- Interpret Data (Mengambil Data) : Untuk melakukan instruksi, mungkin diperlukan untuk membaca data dari memori atau modul I/O;
- Fetch Data (Mengambil Data) : Untuk melakukan instruksi, mungkin diperlukan untuk membaca data dari memori atau modul I/O;
- Process Data (Mengolah Data) : Operasi matematika atau logika mungkin diperlukan untuk melakukan intruksi;

- Write data (menulis data): Data penulisan ke memori mungkin diperlukan untuk mendapatkan hasil pemotongan.

Komponen CPU :



Arithmetic and logic unit (ALU)

Ketika komputer menggunakan unit aritmatika dan logika (ALU), ia dapat memproses data. Instruksi dilakukan oleh bagian ini, yang dikenal sebagai bahasa mesin kaarena. Unit logika aritmatika dan boolean membentuk ALU. Untuk melaksanakan fungsinya, setiap bagian harus memenuhi persyaratan tertentu.

Control Unit

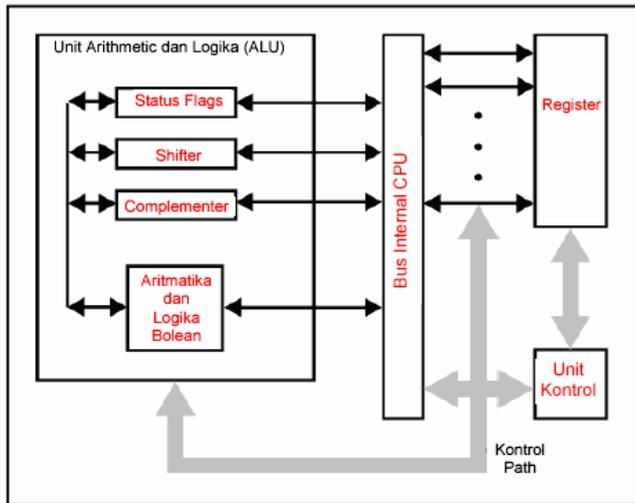
Register

Memori ini adalah praktik umum untuk menyimpan data dalam memori sementara ini selama pemrosesan atau untuk penggunaan selanjutnya. Ini menyimpan data secara internal di CPU saat proses sedang berjalan.

CPU interconnections

Unit pemrosesan pusat (CPU) dan bus yang menghubungkannya dengan bus internal dan eksternal terhubung oleh sistem.

## Struktur detail internal CPU



Keterangan gambar :

- Transmisi data dan kontrol logis adalah bagian dari jalur komponen kompak yang disebut bus CPU internal.
- Bagian ini diperlukan untuk transfer data ALU antara registri karena ALU hanya dapat bekerja dengan data yang disimpan dalam memori internal CPU.
- Menampilkan bagian ALU yang paling sederhana. Menunjukkan elemen dasar dari ALU.

### Organisasi Register

Sistem komputer menggunakan hierarki memori; koleksi registri CPU memberikan akses ke memori pada tingkat yang lebih tinggi daripada memori primer dan hierarki cache, dengan tingkat memori lebih tinggi menjadi lebih kecil, lebih cepat, dan lebih mahal (per bit).

## Fungsi Register CPU

### 1. User visible register

Untuk memaksimalkan efisiensi, assembler dan programmer bahasa mesin dapat menggunakan registry ini untuk mengurangi jumlah referensi memori. Ia adalah anggota dari kelompok-kelompok berikut:

- a. General purpose
- b. Data
- c. Alamat
- d. Kode-kode kondisi
- e. Control and status register

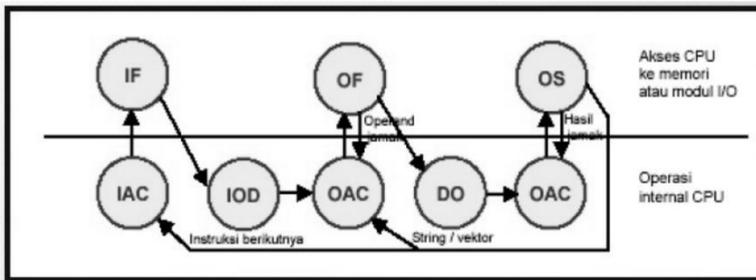
### Aksi CPU:

- a. Data transfer dari dari unit pemrosesan pusat ke memori dan sebaliknya;
- b. Data transfer dari Komunikasi antara unit pemrosesan pusat dan modul input/output; dan
- c. Pengolahan data: CPU kemudian menerapkan berbagai prosedur matematika dan logika pada data.
- d. Kontrol: Instruksi untuk mengontrol fungsi atau operasi.

### Siklus Eksekusi

- a. Instruction Address Calculation (IAC)
- b. Instruction Fetch (IF)
- c. Instruction Operation Decoding (IOD)
- d. Operand Address Calculation (OAC)
- e. Operand Fetch (OF)
- f. Operand store (OS)

## Diagram Siklus Intruksi



### Fungsi Interrupt

- Ketika gangguan terjadi, pemrosesan instruksi CPU dihentikan atau diarahkan ke rutinitas gangguan.
- Tujuan umum dari gangguan adalah untuk memfasilitasi eksekusi yang efisien dan efektif dari instruksi rutin antara unit prosesor pusat (CPU) dan input/output (I/O) modul atau memori.
- Unit pemrosesan pusat (CPU) bertanggung jawab untuk mengontrol pelaksanaan semua komponen komputer, tetapi karena setiap modul memiliki kecepatan eksekusi uniknya sendiri, sinkronisasi kerja antara mereka menjadi diperlukan ketika gangguan ini terjadi.

## B. Sistem Operasi

### 1. Definisi Sistem Operasi

Sistem operasi komputer adalah kumpulan program yang memungkinkan program lain untuk berjalan dengan lancar dan mengelola perangkat keras dan sumber daya komputer. Sistem operasi adalah yang utama dalam bidang perangkat lunak komputer. Agar pengguna dapat menjalankan program di komputer mereka, sistem operasi sangat penting. Mereka terbatas untuk menjalankan hanya program boot.

Windows, Linux, iOS, Android, dan Mac OS X adalah contoh dari sistem operasi modern. [3]

## 2. **Macam–Macam Sistem Operasi**

Kedua versi Open Source dan Closed Source dari sistem operasi tersedia:

### ❖ **Sistem Operasi Open Source**

#### 1) **Unix**

Ini adalah sistem operasi awal dan pendahulu yang mungkin dari Linux. Pada tahun 1965, sistem operasi Unix diciptakan melalui kolaborasi antara Massachusetts Institute of Technology (MIT), AT & T, dan General Electric (GE), tiga perusahaan Amerika.

#### 2) **MINIX**

Andrew Stuart Tanenbaum, seorang profesor di Vrije Universiteit Amsterdam di Belanda, awalnya menciptakan kernel sistem operasi Minix untuk tujuan pendidikan. Ini terkait dengan Unix dalam beberapa cara. Linus Torvalds membangun kernel Linux menggunakan Minix, bagaimanapun.

#### 3) **BSD (Berkeley Software Distribution)**

Berkley Software Distribution (BSD) pertama kali dirilis pada akhir 1977 sebagai paket tambahan dan patch untuk AT&T UNIX versi 6, yang berjalan pada mesin komputer mini PDP-11 pada saat itu. Ini dibangun dan dikembangkan oleh **Computer System Research Group (CSRG)** di UBC.

#### 4) **GNU Linux**

Ditulis dari awal lebih dari sepuluh tahun yang lalu, Linux adalah klon Unix. Sementara Linux dan BSD sama-sama mirip, BSD memiliki sejarah yang lebih panjang dan lebih cocok untuk bisnis. OS ini, yang dikembangkan oleh Linus Torvald, memiliki potensi untuk melampaui pengguna **Windows** di seluruh dunia karena pengembangan yang cepat.

#### 5) **Sun Solaris**

Solaris telah menjadi nama rumah tangga di antara pengguna Unix. Sun Microsystems adalah pembuat Solaris. Untuk kinerja optimal, Solaris membutuhkan perangkat keras mutakhir yang mendukung

beberapa CPU, GPU, dan hard drive. Ini berfungsi sebagai dasar untuk Oracle dan aplikasi perusahaan lainnya.

6) **Syllable Desktop**

Syllable, yang diciptakan oleh AtheOS pada tahun 2002, adalah sistem operasi open source yang sederhana, cepat, dan sempurna untuk pengguna di rumah dan kantor kecil. Ini adalah salinan lengkap dari AmigaOS.

7) **AROS Research Operating System**

Sistem operasi open source AROS lebih baik dari AmigaOS 3.1 dan kompatibel dengannya. Mudah dibawa dan gratis. Mulai tahun 1995, proyek ini telah diperluas untuk mendukung perangkat keras berbasis PowerPC dan IBM PC. Selain itu, AROS juga mencakup emulator aplikasi Amiga.

8) **OpenGEM**

Ketika pertama kali muncul pada tahun 1985, GEM (Graphical Environment Manager) adalah shell grafis untuk CP/M yang dikembangkan oleh Digital Research. Dibangun dengan kompatibilitas untuk Atari ST dan MS-DOS dalam pikiran. Kaldera, yang mengakuisisi GEM pada tahun 1999, menjadi open source. Kode, sekarang sering dirilis sebagai FreeGEM atau OpenGEM, telah ditingkatkan dan diperbaiki oleh penggemar sejak saat itu.

9) **MenuetOS**

Plot MenuetOS ditulis dalam bahasa assembly x86, yang merupakan fitur utama yang memungkinkan untuk berjalan di ruang terbatas seperti itu. Selama dekade terakhir, komitmen penulis untuk pemrograman hanya assembly telah mengumpulkan sedikit tetapi berdedikasi mengikuti karena OS dan aplikasi yang tipis dan cepat yang disertakan.

Fakta bahwa MenuetOS dapat dimulai dan berjalan dari disk floppy 3,5 inci adalah pencapaian yang mengesankan dan menarik.

Menginstalnya di hard drive adalah pilihan bagi mereka yang menginginkan konfigurasi yang lebih canggih.

#### 10) **KolibriOS**

KolibriOS adalah fork dari kode MenuetOS dari 2004 yang kompak, cepat, dan penuh fitur untuk hobi. Dibandingkan dengan Menuet OS, itu adalah sistem operasi open-source yang gratis dan dapat diperluas, yang berarti dapat berjalan pada satu disk floppy dan tumbuh untuk menampung instalasi yang lebih besar pada hard drive. Terlepas dari kesamaan mereka, prinsip panduan di balik antarmuka pengguna Kolibri dan Menuet tidak bisa lebih berbeda.

#### 11) **ReactOS**

Dengan kompatibilitas biner (file yang dapat dijalankan) dan driver (sesuai) dengan Microsoft Windows 2000/XP, komunitas perangkat lunak bebas dan open source telah menciptakan ReactOS. Karena ReactOS sangat bergantung pada pekerjaan proyek WINE di Linux, kedua sistem operasi mulai menyerupai satu sama lain dalam operasi. Download ReactOS dari <http://www.reactos.org> jika tertarik untuk mengujinya; saat ini berada dalam fase Alpha.

#### 12) **DexOS**

DexOS mengambil petunjuk desain dari konsol GAME , sistem permainan video ikonik, dan meniru fungsionalitas dan estetika. Dex OS didasarkan pada bahasa assembly, mirip dengan MenuetOS, dan dapat berjalan pada disk floppy, flashdisk, dan perangkat serupa lainnya.

#### 13) **Visopsys**

Andy McLaughlin menciptakan Visopsys, sebuah sistem operasi yang kompatibel dengan komputer pribadi, pada tahun 1997. Visual Operating System adalah singkatan dari Visopsys.

#### 14) **HAIKU (Open BeOS)**

OS yang didasarkan pada BeOS, Haiku juga disebut Open BeOS. Be Inc. membangun BeOS dengan arsitektur yang kuat. Karena

dirancang untuk bekerja pada perangkat keras modern (BeBOX), BeOS tidak begitu dikenal sebagai sistem operasi lain yang dibangun pada hardware waktu itu.

### 15) **EyeOS**

Dapat diakses melalui jaringan lokal (LAN) atau Internet menggunakan browser web populer seperti Firefox, Chrome, dan lainnya, eyeOS adalah OS desktop berbasis web open-source. Meskipun **eyeOS** terutama berfokus pada web, ia menawarkan komplement penuh fitur desktop OS. Calendar, RSS Reader, email client, word processor, spreadsheet, dan contact manager adalah antara aplikasi yang diinstal sebelumnya di sistem.

### 16) **Google Chrome OS / Chromium OS**

Perangkat lunak open source yang dikembangkan oleh Google Inc. dikenal sebagai Google Chrome OS. Untuk bekerja secara eksklusif dengan aplikasi web. Pada 7 Juli 2009, Google mengumumkan Chrome OS. Publik akan dapat mengunduh versi stabil pada paruh kedua tahun 2010.[4] Karena didasarkan pada Linux, OS ini hanya dapat diinstal pada perangkat keras tertentu. Mirip dengan browser web Google Chrome, ia memiliki antarmuka pengguna yang minimalis. Orang-orang yang hidupnya berputar di sekitar Internet adalah pengguna yang dimaksudkan dari sistem operasi ini.

## ❖ **Sistem Operasi Closed Source**

### 1) **WINDOWS**

Sistem operasi yang bergantung pada mode teks dan baris perintah, Windows berasal dari MS-DOS. Sistem operasi asli, Windows Graphic Environment 1.0, diperkenalkan pada 10 November 1983, tetapi tidak dirilis ke publik sampai November 1985. Komputer dengan tampilan grafis adalah audiens sarannya. Meskipun kadang-kadang digunakan secara bergantian dengan MS-DOS dan varian-varianannya, Windows 1.0 sebenarnya adalah

perangkat lunak 16-bit tambahan dan bukan sistem operasi itu sendiri. Windows 1.0 tidak akan bekerja tanpa DOS. Menggunakan versi 2.x atau 3.x tidak mengubah apa-apa. Sistem operasi yang sepenuhnya fungsional yang tidak bergantung pada MS-DOS adalah Windows NT 3.1 dan versi lebih baru (mulai dengan 4.0).

a) **WINDOWS 98**

Pada tanggal 25 Juni 1998, Microsoft merilis Windows 98, versi yang diperbarui dari Windows. Meskipun ini hanya upgrade kecil, Windows 98 umumnya dianggap jauh lebih stabil dan dapat diandalkan daripada Windows 95. Batas partisi 2 gigabyte, yang ada di Windows 95, dihilangkan di Windows 98 berkat dukungan sistem file FAT32 yang ditingkatkan dan banyak driver perangkat keras baru. Dukungan USB di Windows 98 juga jauh lebih baik daripada dalam versi sebelumnya.

b) **WINDOWS 2000**

Salah satu fitur paling populer dari Windows 2000 adalah Active Directory. LDAP, DNS, dan Kerberos protokol otentikasi digunakan oleh model jaringan ini, yang menggantikan model jaringan domain NT.

c) **WINDOWS XP**

Sejak Windows Vista dirilis ke konsumen pada tahun 2007, Windows XP, yang berjalan dari 2001 hingga 2007, adalah versi tertua dari sistem operasi Windows. (at least until now). Pada 30 Januari 2007, Windows Vista kembali mendukung sistem operasi Windows XP.

d) **WINDOWS VISTA**

Windows Vista, versi terbaru dari Windows, dirilis ke publik pada 30 Januari 2007, setelah rilis terlambat pada 30 November 2006, untuk komunitas bisnis sementara. Windows Vista dibangun dengan fitur keamanan yang lebih kuat dibandingkan dengan versi sebelumnya.

e) **WINDOWS 7**

Windows 7, sebelumnya dikenal sebagai Blackcomb atau Vienna, datang setelah Windows Vista. Windows Vista menampilkan kernel yang lebih tua (NT 6.0 build 6000) ketika awalnya dirilis, tetapi Windows 6.1 build 7600 adalah peningkatan terhadap Vista. Windows Media Player12, Internet Explorer8, Jump List, Taskbar untuk layar yang lebih kecil, dan fitur keamanan baru lainnya dirilis dengan Windows 7 pada tanggal 22 Oktober 2009.

f) **WINDOWS 8**

Microsoft telah merilis versi beta dari Windows 8, kode nama 8250, untuk konsumen. Meskipun layar Start masih dapat diakses melalui kotak Charm dan sudut kiri bawah layar, perlu dicatat bahwa tombol Start tidak lagi ditampilkan di bar tugas, yang merupakan perubahan pertama sejak Windows 95. Windows 8 (build 9200) dirilis pada tanggal 1 Agustus 2012, dengan nomor build 6.2.9200.16384. Setelah acara peluncuran Microsoft pada 25 Oktober 2012, Windows 8 dipublikasikan ke publik pada hari berikutnya.

g) **WINDOWS 8.1**

Sistem operasi yang datang setelah Windows 8 adalah Windows 8.1, yang sebelumnya disebut Blue. Pada tanggal 26 Juni 2013, Windows 8.1 Free Preview, atau Build 9431, menjadi publik. Struktur ini sekarang terbuka untuk umum sepenuhnya. Di antara banyak fitur baru adalah kemampuan untuk langsung meluncurkan desktop, layar kunci yang ditingkatkan, dan banyak aplikasi Metro baru. Diluncurkan pada 27 Agustus 2013, Windows 8.1 (build 9600) memiliki nomor build 6.3.9600.16384. Windows 8.1 dirilis ke publik pada hari berikutnya setelah acara peluncuran Microsoft pada 17 Oktober 2013.

2) **SYMBIAN**

Symbian Ltd. menciptakan sistem operasi independen yang disebut Symbian OS untuk digunakan dengan perangkat mobile.

Pada 24 Juni 2008, Nokia mengumumkan bahwa mereka akan membeli semua saham yang tersisa dari Symbian Ltd. yang belum dimiliki. Saat ini, Symbian dimiliki oleh Nokia (47,9%), Ericsson (15,6%), Panasonic (10,5%), Siemens / BenQ (8,4%), dan Sony Ericsson (13,1%).

3) **MAC OS**

Dalam komputasi, "Mac OS" mengacu pada sistem operasi Macintosh. Platform komputer MacIntosh tidak kompatibel dengan PC yang dibangun oleh IBM, dan sistem operasi MacOS diciptakan oleh Apple Computer dengan platform itu dalam pikiran. Mac OS X telah kompatibel dengan kedua arsitektur PowerPC dan x86 sejak 2006. Sistem operasi ini diperkenalkan pada tahun 1984.

4) **iOS**

Apple Inc. menciptakan dan mendistribusikan sistem operasi iOS untuk perangkat mobile. Sebelumnya dikenal sebagai iPhone OS. Awalnya dirilis pada tahun 2007 untuk iPhone dan iPod Touch, itu telah diperbarui untuk bekerja dengan perangkat Apple lainnya seperti iPad dan Apple TV. Tidak seperti Android Google dan Windows Phone Microsoft (Windows CE), Apple tidak memberikan lisensi untuk menginstal iOS pada perangkat yang diproduksi oleh perusahaan lain selain Apple.

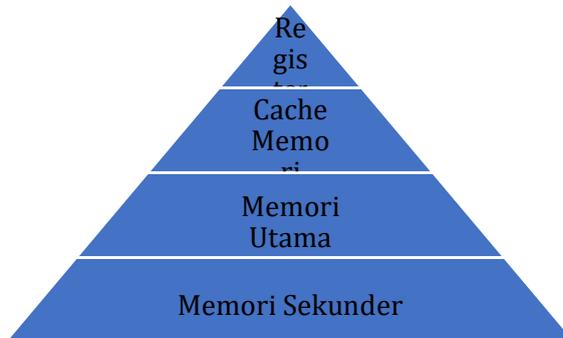
# BAB VII

## CACHE MEMORY

### A. Definisi *Cache Memory*

Banyak yang tidak menyadari apa itu cache memory dan fungsinya, banyak masyarakat yang hendak memilih spesifikasi komputer, sebgaiian besar masyarakat lebih cenderung menanyakan jenis processor dan Kapasitas *Random Acces Memory* (RAM) sebagai bahan pertimbangan dalam membeli suatu komputer. , banyak masyarakat jarang menanyakan spesifikasi atau kapasitas *cache memory* atau bahkan , banyak masyarakat tidak tau tentang keberadaanya. padahal fungsi *cache memory* yang jarang dilirik ini dapat menghasilkan kinerja komputer yang maksimal [5].

Mari kita pelajari hierarki memory, dapat dilihat dari gambar berikut [1]:



Gambar 7.1 Hierarki Memory

Pada gambar 7.1 hierarki memory menggambarkan sebuah bentuk piramida yang menunjukkan bahwa semakin keatas ukuran sebuah piranti penyimpanan maka dengan kapasitas penyimpanan yang semakin kecil dan dengan kecepatan yang semakin besar sedangkan semakin ke bawah kapasitas penyimpanan semakin besar dengan kecepatan akses semakin kecil. Pada hierarki terdiri dari register, *cache memory*, memory utama dan

memory sekunder. *Cache memory* itu sendiri berada di posisi ke-2 dalam hierarki yang artinya adalah *cache memory* memiliki kapasitas tempat penyimpanan yang kecil tetapi mempunyai kecepatan akses yang besar[1].

Untuk memahami apa itu *cache memory* kita dapat menganalogikan sebuah perpustakaan yang dimana ruangan perpustakaan adalah RAM dan rak buku berperan sebagai *cache memory*, seorang peminjam buku mengembalikan buku seorang pustakawan meletakkan buku tersebut di rak buku, kemudian datang seorang anggota perpustakaan meminjam buku yang sama kemudian pustakawan mengambil buku dirak tersebut, maka dapat dianalogikan peran *cache* sama seperti rak buku tersebut yaitu sebagai tempat penyimpanan sementara, jika didalam tempat penyimpanan besar tidak mempunyai rak buku, maka dapat dipastikan pustakawan tersebut akan kesulitan dalam pencarian buku tersebut, dengan adanya rak tersebut pustakawan dapat dengan mudah mencari buku, sehingga menghemat waktu pencarian dan lebih efektif dalam penempatan [5].

*Memory cache* adalah *memory* kecil, *buffer memory* cepat beberapa orang menggunakan komputer *Main memory* utama yang sedang digunakan [Smith, 1982]. *Cache memory* berfungsi untuk membantu kinerja sistem komputer yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan processor dengan perangkat lainnya. Idealnya, prosesor tidak membuang waktu mengambil instruksi dan data dari *memory* utama. Sistem *memory* utama harus mengirimkan operan ke prosesor secepat mungkin, serta mampu menyediakan data sebanyak yang dapat disediakan persatuan waktu. Semakin cepat prosesor memproses data, semakin sulit bagi sistem *memory* utama untuk mentransfer operan dalam satu atau dua siklus.

Oleh sebab itu kita memerlukan metode untuk meningkatkan penggunaan *Central Processing Unit (CPU) memory* utama Untuk mempercepat transfer data dan instruksi ke prosesor, *memory* utama itu sendiri dibatasi oleh keterbatasan desain elektronik dan masalah kompresi.

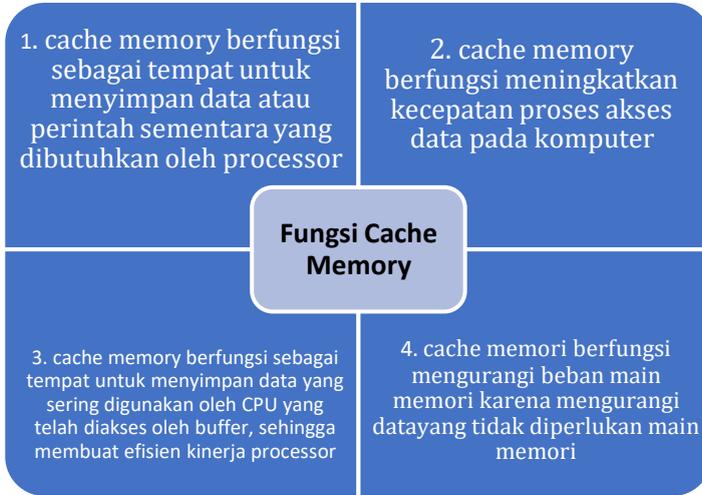
Oleh karena itu, perlu dicari solusi lain untuk mengatasi terkaait permasalahan tersebut.

Salah satu cara yang digunakan adalah dengan membuat *cache* yang menyimpan data atau instruksi terkini dari *memory* utama dalam membentuk kata-kata yang dapat mempercepat akses prosesor ke *memory* utama. Kemudian kita membahas bagaimana mengatur *memory cache* untuk meningkatkan kinerja sistem komputer secara keseluruhan, terutama dengan mengurangi akses CPU ke *memory* utama. Ini mencakup diskusi tentang beberapa aspek penting dari organisasi *cache* dan beberapa aspek penting dari desain *cache* dan masalah yang mempengaruhi kinerja *cache* [1].

*Cache memory* merupakan bagian dari *memory* utama dalam perangkat komputer, yang fungsinya mempercepat kinerja *memory* yang dibuat untuk mendekati kecepatan CPU. *Memory* utama memiliki *volume memory* lebih besar dibandingkan *volume cache memory* itu sendiri, tetapi *memory* utama memiliki kinerja yang lebih lambat dibandingkan dengan *cache memory* yang kecil dengan kinerja lebih cepat. Pada saat prosesor membaca kata pada *memory*, processor tersebut memeriksa untuk mengetahui apakah kata tersebut ada di *cache* atau belum ada. *Cache memory* kemudian dikirim ke CPU, jika tidak ditemukan pada *cache memory* maka processor akan mencari kembali di *memory* utama, kemudian diinstruksikan blok berisi jumlah kata dikirim ke alamat yang tertuju, *cache memory* berisi kata yang diminta CPU dikirim dari *cache memory* ke CPU, kemudian suatu blok data dialokasikan dalam *cache* berisi kata-kata yang tertuju dan CPU menggunakan satu blok.

## **B. Fungsi Cache Memory**

Selain penjabaran fungsi dari definisi diatas *cache memory* juga berfungsi diantaranya :



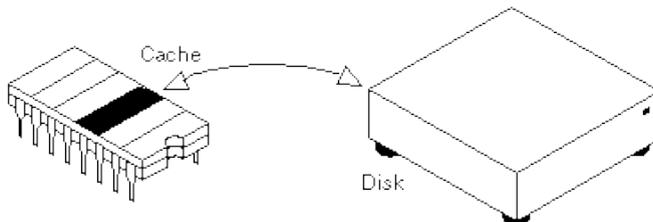
Gambar 7.2. Fungsi Cache Memory

### C. Jenis-jenis *Cache Memory*

#### 1. *Cache Disk*

*Disk cache* adalah merupakan *cache memory* yang berfungsi untuk menyimpan serta mengakses data dari hard disk dengan kecepatan yang tinggi.

*Cache disk* memungkinkan pemrosesan operasi baca atau tulis dapat membaca atau menulis, memerintah, memproses input dan output lebih cepat dari *hard disk.*, *memory*, dan komponen komputer [6].



Gambar 7.3. Cache Disk

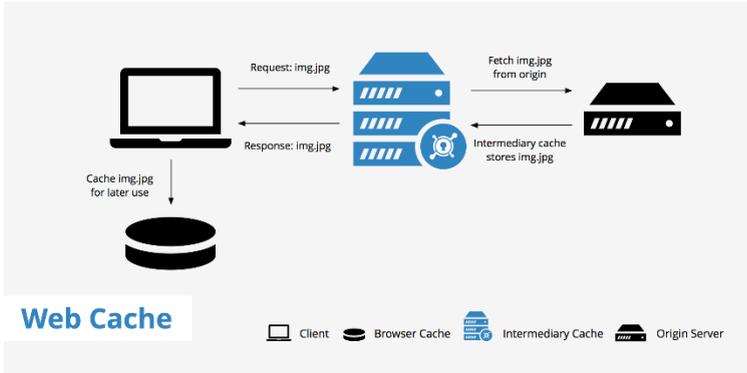
Sumber : <https://www.webopedia.com/definitions/disk-cache/>

## 2. *Web Cache*

*Web cache* adalah merupakan penyimpanan sementara di *server web* dan *browser* dapat berupa data dari riwayat *browser* yang dikunjungi pengguna *browser* oleh *browser web* untuk menyimpan salinan asli berupa halaman, gambar, dan konten lainnya yang diminta pengunjung .

Cache web adalah ruang penyimpanan data sementara di server web dan browser [6].

Fungsi dari *web cache* adalah mengurangi waktu yang dibutuhkan ketika mengunduh konten dari server aslinya sehingga mempercepat akses ke situs *web* tersebut dan lebih efisien. Cara kerja dari *web Cache* adalah *web cache* bekerja dengan mengecek permintaan konten suatu web kemudian memeriksa apakah konten tersebut sudah disimpan dalam *cache* atau belum. Jika konten tersedia di *cache*, maka *server cache* akan mengembalikannya ke pengguna tanpa harus menghubungi server asal. Proses ini dikenal juga dengan nama *cache hit*. Jika setelah di cek konten tidak tersedia di dalam *cache*, *server cache* akan mengambil konten dari server asal dan menyimpannya di *cache* untuk permintaan selanjutnya. Proses ini dikenal sebagai *cache miss*. *Web cache* dalam prosesnya menggunakan algoritma *caching* yang berbeda untuk menentukan konten-konten mana yang akan disimpan dalam *cache* dan lama penyimpanannya. Algoritma *caching* yang paling umum adalah algoritma Least Newly Used (LRU), yang menghapus konten yang paling jarang digunakan dari *cache* ketika *cache* telah penuh [7].

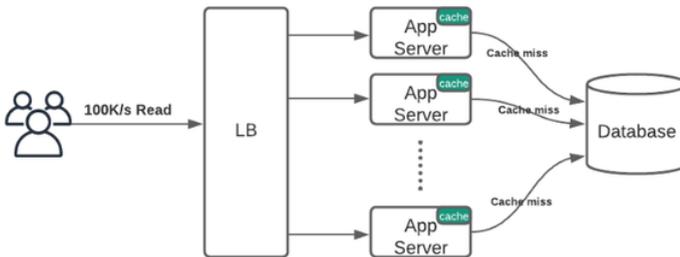


Gambar 7.4. Web Cache

Sumber : <https://www.keycdn.com/support/web-cache>

### 3. Cache Server

*Cache server* adalah server atau layanan jaringan khusus yang berfungsi khusus untuk menyimpan data halaman web, konten internet, gambar, video dan berkas lainnya lainnya secara lokal. Dengan cara menempatkan informasi yang diminta pengunjung sebelumnya dalam penyimpanan sementara, *Cache server* akan bekerja dengan cara mempercepat akses ke data dan mengurangi permintaan bandwidth. *Cache server* juga dapat mengijinkan pengguna untuk mengakses konten secara *offline*, termasuk halaman web, konten internet, gambar, video dan berkas lainnya. *Server cache* terkadang disebut *cache engine*.



Gambar 7.5. Cache Server

Sumber: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-cache-server-and-an-application-server>

#### **D. Cara Kerja Cache Memory**

Ketika processor membutuhkan data, maka ia mencarinya terlebih dahulu di cache [2].

1. Apabila data ditemukan, processor segera membacanya dengan penundaan yang sangat kecil.
2. Namun jika data yang dicari tidak ditemukan, prosesor melihatnya menjadi RAM, yang memiliki kecepatan lebih rendah.
3. *Memory cache* dapat memberikan informasi yang diperlukan CPU untuk mengurangi dampak lambatnya pengoperasian RAM.
4. Hal ini meningkatkan bandwidth *memory* dan prosesor bekerja lebih efisien.
5. Selain itu, *cache* yang lebih besar juga meningkatkan kecepatan pengoperasian komputer secara keseluruhan *cache memory*.
6. Dalam mekanisme kerjanya, data yang akan diolah oleh processor dicari terlebih dahulu dari L1 *cache*, jika tidak ada maka diambil dari L2 *cache*, kemudiandari L3 *cache* (bila ada). Kalau belum ada, cari di *memory* utama. Pengambilan data dari *cache* L2 hanya terjadi jika *cache* L1 tidak ada..
7. Ketika cache penuh, data terlama dibuang dan diganti dengan data baru yang diproses oleh prosesor. Proses ini dapat menghemat waktu dalam proses pengaksesan data yang sama dibandingkan dengan proses pencarian berulang kali oleh prosesor. untuk data di *memory* utama.
8. Logikanya, *cache* yang lebih besar dapat membantu meningkatkan kinerja CPU dengan setidaknya mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengakses data.

#### **E. Level pada Cache Memory**

Berikut level-level pada *cache memory* [2]:

1. *Cache memory* level 1 (L1) adalah *cache* yang berada di prosesor (*cache* internal). Cache ini memiliki tingkat akses tertinggi dan paling mahal.

2. *Cache memory* Level 2 (L2) mempunyai kapasitas yang lebih besar yaitu yang bervariasi dari 256 Kb hingga 2 MB. Namun kecepatan *cache* L2 lebih rendah dibandingkan dengan *cache* L1. *Cache* L2 terletak terpisah dari prosesor atau disebut *cache* eksternal.
3. *Cache memory* level 3 hanya tersedia pada prosesor dengan lebih banyak dari satu unit, seperti dual dan *quad core*. Tugasnya memeriksa data yang berasal dari L2 *cache* masing-masing inti prosesor.

#### **F. Kecepatan *Cache Memory***

Berikut kecepatan dari *cache memory* [2]:

1. Transfer data dari *cache* L1 ke CPU lebih cepat dibandingkan *cache* L2 atau *cache* L3 (jika ada).
2. Kecepatannya mendekati kecepatan untuk menyimpan data.
3. Register adalah *memory* yang sangat kecil dengan kecepatan akses yang sangat tinggi.
4. *Cache* L1 tidak terlihat secara fisik.
5. *Cache* L1 adalah tempat pertama yang diakses oleh prosesor ketika mencari data.
6. Sebagian besar perangkat memiliki jumlah *memory* yang kecil, berkisar antara puluhan hingga ribuan byte tergantung pada jenis prosesor.
7. Kapasitas beberapa processor Pentium adalah 16 KB yang terbagi menjadi dua bagian yaitu 8 KB untuk penyimpanan instruksi dan 8 KB untuk penyimpanan data.
8. Transfer data tercepat kedua setelah *cache* L1 adalah *cache* L2. Prosesor dapat mengambil data dari *cache* L2 yang terintegrasi (*on-chip*) lebih cepat dibandingkan dari *cache* L2 yang tidak terintegrasi.
9. Kapasitas penyimpanan data lebih besar dari L1 *cache*, dari ratusan ribu byte hingga jutaan byte, ada yang 256KB, 512KB, 1MB, 2MB, bahkan 8MB, tergantung jenisnya. Prosesor
10. Kapasitas data *cache* L3 bahkan lebih besar, bisa ratusan juta byte (ratusan megabyte).

### **G. Perbedaan L1, L2, dan L3**

Cache *cache memory* mikroprocessor diatur ke tingkatan – tingkatannya sebagai berikut : mikroprocessor diatur ke tingkatan – tingkatannya sebagai berikut [2] :

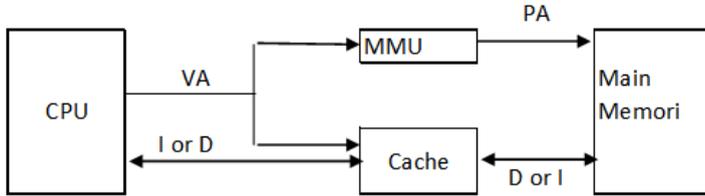
Level 1 memiliki ukuran terkecil dari semua *cache* dari semua, sekitar beberapa ratus kilobyte. Kecepatan kecepatan tercepat antara di antara semua *cache*.

Jika dibandingkan untuk *cache* level-1, level 2 memiliki ukuran lebih besar, seringkali 64, 256, 512, atau 1024 KB. Meskipun demikian, kecepatannya kurang dari dari setengah lebih cepat kecepatan level – 1, dengan latensi serendah dua hingga sepuluh kali per detik. sebagai level –1, dengan latensi serendah dua hingga sepuluh kali per detik. *Cache* level-2 ini cukup berkinerja. Sedikit sekali prosesor berbiaya rendah dan prosesor sebelum Intel Pentium tidak memiliki *cache* level biaya rendah. Prosesor dari sebelum Intel Pentium tidak memiliki *cache* level – 2 .

3 bagian *cache* level memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan *cache* Level 2, sekitar beberapa megabyte, meskipun masih terbilang kecil, kapasitas lebih besar dari *cache* Level 2 , kira – kira beberapa megabyte , meski masih cukup kecil, *cache* sebenarnya ini kuat.

### **H. Virtual Address Cache**

*Virtual address cache* ketika *cache* diindeks atau ditandai dengan *virtual address caches* seperti pada gambar 7.6, itu disebut *cache virtual address*. Dalam model ini, terjemahan atau validasi *cache* dan *Unit Manajemen Memory* (MMU) dilakukan secara paralel. *Virtual address caches* yang dihasilkan oleh operasi pencarian. *Virtual address caches* berguna untuk peningkatan efisiensi untuk mengakses *cache* lebih cepat, *overlapping* dengan terjemahan MMU seperti yang dicontohkan di bawah ini [4]:



Gambar 7.6 Cache terpadu yang diakses berdasarkan virtual Address

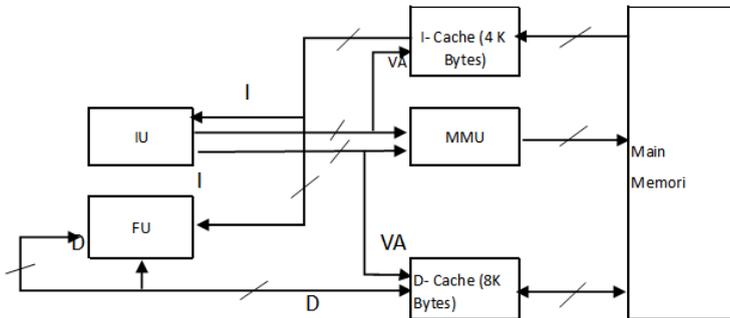
Keterangan :

VA = Virtual Address

PA = Physical Address

I = Instruksi

D = Aliran Data



Gambar 7.7. Cache terpisah yang diakses berdasarkan virtual Address seperti pada prosesor intel i860

Gambar 7.7. menunjukkan desain *virtual Address* di intel i860 menggunakan cache terpisah untuk data dan instruksi. Instruksi dengan lebarnya 32 bit. *virtual Address* yang dihasilkan oleh unit integer (IU) memiliki lebar 32 bit, begitu pula *physical addresses* yang dihasilkan oleh MMU. *cache* datanya 8 Kbytes dengan ukuran blok 32 byte. dua arah D-cache dan 64 set di I-cache [4].

Program aliasing merupakan masalah utama yang terkait dengan *cache virtual Address* adalah aliasing, ketika data yang dialamatkan secara logis berbeda memiliki *indeks/tag* yang sama di *cache*. Beberapa proses mungkin menggunakan rentang alamat asli yang sama. Masalah aliasing ini dapat menimbulkan kebingungan jika dua atau lebih proses mengakses lokasi cache fisik yang sama secara berurutan menggunakan RA.



# BAB VIII

## INTERNAL MEMORY

### A. Pengantar

Memori internal dalam sebuah komputer merupakan komponen esensial yang memainkan peran penting dalam menjalankan operasi dan menyimpan data. Dikenal juga sebagai RAM (Random Access Memory), memori internal berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara untuk data dan instruksi yang diperlukan oleh CPU (Central Processing Unit) untuk menjalankan program dan proses komputasi. Ketika sebuah program dijalankan, data yang relevan dimuat ke dalam memori internal sehingga CPU dapat dengan cepat mengaksesnya untuk pemrosesan lebih lanjut. Memori internal memungkinkan CPU untuk mengambil dan memanipulasi informasi dengan kecepatan tinggi, yang merupakan faktor kunci dalam kinerja sistem secara keseluruhan. Pentingnya memori internal dapat dilihat dalam berbagai konteks, termasuk dalam multitasking, di mana kapasitas memori yang mencukupi memungkinkan pengguna untuk menjalankan beberapa program secara bersamaan tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan.

Selain itu, memori internal juga memainkan peran penting dalam pengembangan perangkat lunak seperti sistem operasi dan game, di mana kecepatan akses dan kapasitas memori dapat mempengaruhi kualitas pengalaman pengguna secara keseluruhan. Ada beberapa jenis memori internal yang umum digunakan, seperti DRAM (Dynamic Random Access Memory), SRAM (Static Random Access Memory), dan DDR SDRAM (Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory), masing-masing dengan karakteristik dan keunggulan yang berbeda (Cahyaningrum, Rinov Cuhanaazriansyah and Labib3, 2023).

Dengan demikian, memilih dan mengkonfigurasi memori internal sesuai dengan kebutuhan dan anggaran merupakan langkah penting dalam

membangun dan mengoptimalkan kinerja komputer. Dalam kesimpulan, memori internal merupakan komponen kunci dalam arsitektur komputer modern yang memungkinkan penyimpanan dan pengolahan data dengan cepat dan efisien, serta memiliki dampak yang signifikan pada kinerja sistem secara keseluruhan (Faisal, 2015).

## **B. Defenisi dan Konsep Memori Internal**

Memori internal (RAM) adalah komponen utama sistem penyimpanan data komputer, berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara untuk data dan instruksi yang digunakan oleh CPU (Central Processing Unit) untuk menjalankan program dan proses komputasi. Memori internal memungkinkan CPU mengakses dan memanipulasi data dengan kecepatan tinggi tanpa bergantung pada perangkat penyimpanan tambahan.

Berbeda dengan perangkat penyimpanan jangka panjang seperti hard drive, di mana waktu akses tergantung pada posisi fisik data pada media penyimpanan, yang dapat menyebabkan waktu akses yang lebih lama, memori internal secara fundamental memiliki kemampuan untuk memberikan akses acak (random access) terhadap data yang disimpan di dalamnya.

Selain itu, memori internal juga bersifat volatil, yang berarti data yang disimpan di dalamnya akan hilang saat komputer dimatikan atau direstart. Ini berbeda dengan perangkat penyimpanan jangka panjang yang bersifat non-volatil, seperti hard drive atau SSD, yang tetap menyimpan data bahkan saat daya dimatikan. Oleh karena itu, memori internal biasanya digunakan untuk menyimpan data yang sifatnya sementara selama komputer tetap menyala.

Memori internal juga memiliki kapasitas yang lebih terbatas daripada perangkat penyimpanan jangka panjang. Sebagai contoh, sebuah komputer mungkin memiliki beberapa gigabyte hingga beberapa terabyte ruang penyimpanan jangka panjang, sementara kapasitas memori internalnya umumnya berkisar dari beberapa gigabyte hingga beberapa

puluh gigabyte. Namun, meskipun kapasitasnya lebih terbatas, memori internal memiliki kecepatan akses yang jauh lebih tinggi daripada perangkat penyimpanan jangka panjang, yang membuatnya sangat penting untuk kinerja sistem secara keseluruhan.

Memori internal juga digunakan untuk menyimpan hasil sementara. Dalam penggunaan sehari-hari, memori internal menyimpan berbagai jenis data, seperti struktur data, variabel, dan kode program yang digunakan oleh program yang sedang berjalan. Ketika sebuah program dijalankan, sebagian dari kode program dan data yang diperlukan dimuat ke dalam memori internal, sehingga CPU dapat dengan cepat mengaksesnya saat menjalankan instruksi program.

Oleh karena itu, memori internal adalah bagian penting dari arsitektur komputer modern, yang memungkinkan penyimpanan dan pengolahan data secara efisien, serta mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

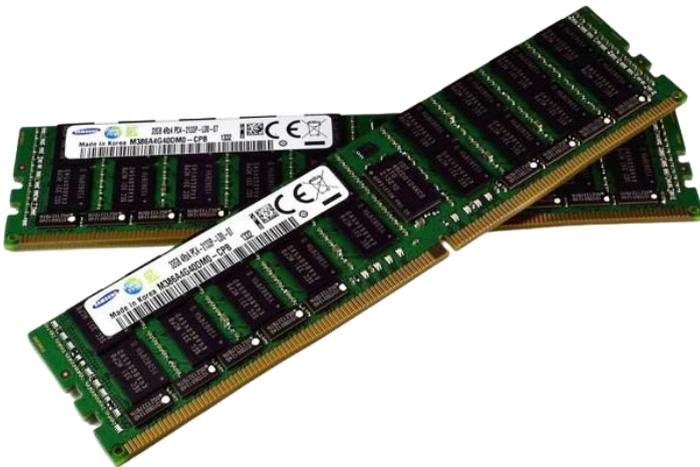
### **C. Jenis-Jenis Memori Internal**

#### **1. RAM**

RAM (Random Access Memory) adalah salah satu komponen kunci dalam sebuah komputer yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara untuk data dan instruksi yang digunakan secara langsung oleh CPU (Central Processing Unit). RAM memungkinkan CPU untuk mengakses data dengan cepat dan efisien, tanpa harus bergantung pada perangkat penyimpanan jangka panjang seperti hard drive atau SSD (Solid State Drive) (SRIANI, 2020).

Salah satu fitur utama dari RAM adalah kemampuannya untuk memberikan akses acak (random access) terhadap data yang disimpan di dalamnya. Ini berarti CPU dapat mengambil data dari RAM dalam waktu yang relatif konstan, terlepas dari lokasi fisik data tersebut dalam memori. Hal ini memungkinkan CPU untuk dengan cepat mengakses dan memanipulasi data yang dibutuhkan untuk menjalankan program dan proses komputasi.

RAM juga memiliki kecepatan akses yang jauh lebih tinggi daripada perangkat penyimpanan jangka panjang seperti hard drive atau SSD. Ini karena RAM menggunakan teknologi semikonduktor untuk menyimpan data, yang memungkinkan akses data dalam hitungan nanosekon. Dibandingkan dengan perangkat penyimpanan jangka panjang yang menggunakan media fisik bergerak (seperti piringan dalam hard drive), RAM memiliki kecepatan akses yang jauh lebih tinggi, membuatnya ideal untuk penyimpanan data yang perlu diakses dengan cepat oleh CPU. Gambar RAM komputer jenis DDR4 dapat dilihat pada gambar 8.1.



Gambar 8.1. RAM Jenis DDR4

## 2. ROM

ROM (Read-Only Memory) adalah jenis memori dalam sebuah komputer yang berbeda dengan RAM (Random Access Memory). Sementara RAM bersifat volatil dan digunakan untuk menyimpan data sementara yang dapat diakses dan diubah oleh CPU, ROM memiliki karakteristik yang berlawanan. ROM adalah memori non-volatil yang berfungsi untuk menyimpan instruksi dan data yang bersifat tetap dan tidak dapat diubah setelah diprogram.

Salah satu ciri khas utama dari ROM adalah kestabilannya dalam menyimpan data. Data yang disimpan di dalam ROM tetap ada bahkan ketika komputer dimatikan atau kehilangan daya. Hal ini membuat ROM ideal untuk menyimpan instruksi-instruksi dasar yang diperlukan oleh komputer untuk melakukan booting, yaitu proses pengaktifan sistem operasi saat komputer dinyalakan.

Selain itu, ROM juga digunakan untuk menyimpan firmware, yang merupakan perangkat lunak yang terintegrasi secara langsung dengan perangkat keras komputer. Firmware ini bisa berupa BIOS (Basic Input/Output System) yang mengatur operasi dasar hardware komputer, atau firmware lainnya yang dikhususkan untuk perangkat tertentu seperti kartu grafis atau perangkat jaringan.

Ada beberapa jenis ROM yang berbeda, termasuk ROM tradisional yang menggunakan teknologi pembakaran fisik untuk memprogram data ke dalam chip, serta EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) dan Flash ROM yang memungkinkan data untuk diubah atau dihapus secara elektronik. Jenis ROM yang dipilih tergantung pada kebutuhan spesifik penggunaan dan fleksibilitas yang dibutuhkan.

Dalam konteks komputer modern, ROM tetap menjadi komponen penting dalam arsitektur sistem, menyediakan fondasi yang stabil dan konsisten untuk booting dan operasi dasar komputer. Meskipun ROM tidak dapat diubah secara langsung oleh pengguna, perannya yang vital dalam menginisialisasi sistem dan menyediakan akses ke firmware membuatnya menjadi bagian integral dari setiap sistem komputer.

#### **D. Struktur Random Access Memory (RAM)**

Struktur RAM (Random Access Memory) dalam sebuah komputer terdiri dari serangkaian sel memori yang tersusun dalam bentuk matriks. Setiap sel memori terdiri dari transistor dan kapasitor yang bekerja bersama untuk menyimpan data dalam bentuk bit (binary digit), yaitu nilai 0 atau 1. Transistor bertindak sebagai sakel yang mengontrol apakah bit

tersebut berada dalam keadaan aktif (1) atau tidak aktif (0), sedangkan kapasitor berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik yang merepresentasikan nilai bit.

Struktur RAM komputer terdiri dari beberapa lapisan dan struktur kabel yang teratur. Lapisan paling dasar adalah grid transistor dan kapasitor yang membentuk sel memori individual. Setiap sel memori terhubung dengan rangkaian kabel yang memungkinkan CPU untuk mengakses data dengan cepat dan efisien. Sel memori diatur dalam baris dan kolom, dan CPU dapat mengakses setiap sel dengan cara mengirimkan alamat baris dan kolom tertentu.

Ada dua jenis utama RAM yang digunakan dalam komputer modern: DRAM (Dynamic Random Access Memory) dan SRAM (Static Random Access Memory). DRAM adalah jenis RAM yang paling umum digunakan, di mana setiap sel memori menggunakan transistor dan kapasitor untuk menyimpan data. Namun, kapasitor dalam DRAM perlu disegarkan secara teratur untuk mempertahankan data, yang membutuhkan lebih banyak energi dan memperlambat proses akses. Di sisi lain, SRAM menggunakan transistor yang disusun dalam flip-flop untuk menyimpan data. SRAM lebih cepat daripada DRAM dan tidak memerlukan penyegaran, tetapi juga lebih mahal dan memiliki kepadatan yang lebih rendah.

Dengan struktur yang terorganisir dengan baik dan teknologi yang terus berkembang, RAM memainkan peran penting dalam kinerja sistem komputer. Semakin besar kapasitas dan semakin cepat akses RAM, semakin baik performa sistem dalam menjalankan berbagai aplikasi dan proses komputasi.

## **E. Fungsi dan Peranan Memori Internal**

Memori internal dalam sebuah komputer memiliki fungsi dan peran yang krusial dalam menjalankan operasi dan menyimpan data secara efisien. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat penyimpanan sementara untuk data dan instruksi yang digunakan oleh CPU (Central Processing

Unit) dalam menjalankan program dan proses komputasi. Saat sebuah program dijalankan, data yang diperlukan dimuat ke dalam memori internal sehingga CPU dapat mengaksesnya dengan cepat untuk pemrosesan lebih lanjut. Ini memungkinkan CPU untuk bekerja secara efisien dan responsif, menghasilkan kinerja yang optimal dalam menjalankan berbagai tugas.

Selain itu, memori internal memainkan peran penting dalam mendukung multitasking. Dengan kapasitas yang mencukupi, memori internal memungkinkan pengguna untuk menjalankan beberapa program secara bersamaan tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan. Data dari setiap program disimpan secara terpisah dalam memori internal, dan CPU dapat beralih di antara program-program tersebut dengan lancar, memungkinkan pengguna untuk bekerja secara efisien dan produktif.

Memori internal juga memungkinkan penyimpanan data yang diperlukan untuk menjalankan sistem operasi komputer. Data seperti kernel sistem operasi dan berbagai aplikasi sistem disimpan dalam memori internal sehingga sistem operasi dapat berjalan dengan lancar dan stabil.

Selain itu, memori internal juga digunakan untuk menyimpan data sementara dari proses komputasi, hasil operasi, dan variabel program. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan manipulasi data dan analisis secara efisien, serta memungkinkan program-program untuk berinteraksi satu sama lain.

Secara keseluruhan, memori internal adalah komponen kunci dalam arsitektur komputer modern yang memungkinkan penyimpanan dan pengolahan data dengan cepat dan efisien. Dengan memastikan kapasitas dan kecepatan yang mencukupi, memori internal memainkan peran penting dalam meningkatkan responsifitas sistem dan kinerja keseluruhan komputer.

## **F. Kapasitas dan Kecepatan**

Kapasitas dan kecepatan memori internal adalah dua faktor penting yang memengaruhi kinerja dan fungsionalitas komputer secara keseluruhan. Kapasitas memori internal merujuk pada jumlah data yang

dapat disimpan dalam memori pada suatu waktu. Semakin besar kapasitasnya, semakin banyak data yang dapat disimpan, yang memungkinkan pengguna untuk menjalankan lebih banyak program atau proses secara bersamaan tanpa mengalami kekurangan memori. Kapasitas memori internal diukur dalam byte, dengan ukuran yang umumnya berada dalam rentang gigabyte (GB) hingga terabyte (TB) untuk komputer modern. Kapasitas yang lebih besar juga memungkinkan penyimpanan data yang lebih besar, termasuk file besar seperti video, gambar, dan aplikasi yang kompleks.

Kecepatan memori internal mengacu pada seberapa cepat CPU dapat mengakses dan memanipulasi data yang disimpan dalam memori. Semakin tinggi kecepatan memori, semakin cepat CPU dapat mengambil dan memproses data, yang dapat meningkatkan responsifitas sistem dan waktu respon aplikasi. Kecepatan memori diukur dalam megahertz (MHz) atau gigahertz (GHz) dan mempengaruhi kinerja aplikasi, khususnya dalam hal multitasking dan pemrosesan data yang kompleks. Teknologi terbaru, seperti DDR4 dan DDR5, telah memperkenalkan kecepatan transfer data yang lebih tinggi, meningkatkan kinerja dan efisiensi energi dari memori internal.

Oleh karena itu, dalam memilih memori internal untuk komputer, penting untuk mempertimbangkan baik kapasitas maupun kecepatannya. Kapasitas yang cukup besar memungkinkan untuk penyimpanan data yang luas dan multitasking yang lancar, sementara kecepatan yang tinggi dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Kombinasi yang tepat antara kapasitas dan kecepatan memori internal akan menghasilkan pengalaman komputasi yang optimal bagi pengguna.

## **G. Manajemen Memori Internal**

Manajemen memori internal pada komputer adalah proses pengelolaan dan alokasi sumber daya memori secara efisien untuk mendukung operasi sistem dan aplikasi yang berjalan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa setiap program atau proses yang berjalan

memiliki akses yang cukup ke memori untuk menjalankan tugasnya tanpa terjadi konflik atau kekurangan memori. Manajemen memori memainkan peran penting dalam kinerja sistem secara keseluruhan dan dapat berdampak pada responsifitas, kestabilan, dan efisiensi penggunaan sumber daya komputer.

Manajemen memori melibatkan beberapa teknik dan strategi, termasuk:

1. **Pengalokasian Memori:** Proses pengalokasian memori melibatkan penentuan berapa banyak memori yang akan dialokasikan untuk setiap program atau proses yang berjalan. Ini dapat dilakukan secara statis, di mana memori dialokasikan sebelum program dijalankan, atau secara dinamis, di mana alokasi memori dapat disesuaikan sesuai kebutuhan saat program berjalan.
2. **Pengelolaan Penggunaan Memori:** Sistem operasi bertanggung jawab untuk mengelola penggunaan memori oleh program-program yang berjalan. Ini melibatkan pemantauan penggunaan memori oleh setiap program, penanganan permintaan alokasi memori baru, dan pembebasan memori yang tidak lagi digunakan.
3. **Pemantauan dan Penanganan Kegagalan Memori:** Manajemen memori juga melibatkan pemantauan kondisi memori, seperti kelebihan beban (overcommitment), kehabisan memori (out of memory), dan kegagalan hardware. Sistem operasi harus dapat menangani kondisi-kondisi ini dengan benar untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem atau kerugian data.
4. **Pembagian Memori Secara Virtual:** Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan memori, sistem operasi dapat menggunakan teknik pembagian memori secara virtual. Ini memungkinkan program untuk mengakses lebih banyak memori daripada yang sebenarnya tersedia dengan menggunakan penyimpanan sekunder (seperti hard drive) sebagai tambahan untuk memori fisik.

Dengan menerapkan strategi yang tepat dalam manajemen memori, sistem komputer dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya memori, meningkatkan kinerja, dan memastikan stabilitas operasi dalam berbagai situasi penggunaan.

## **H. Pengaruh Terhadap Kinerja Sistem**

Pengaruh memori internal terhadap kinerja sistem komputer sangat signifikan. Memori internal berperan sebagai tempat penyimpanan sementara untuk data dan instruksi yang sedang digunakan oleh CPU (Central Processing Unit). Kapasitas dan kecepatan memori internal secara langsung mempengaruhi seberapa baik sistem dapat menjalankan aplikasi dan proses komputasi.

Pertama, kapasitas memori internal memengaruhi kemampuan sistem untuk menjalankan berbagai aplikasi dan proses secara bersamaan. Semakin besar kapasitas memori, semakin banyak program yang dapat dijalankan tanpa mengalami kekurangan memori. Dengan kapasitas yang cukup besar, sistem dapat menyimpan data yang diperlukan untuk berbagai aplikasi, memungkinkan pengguna untuk melakukan multitasking dengan lancar tanpa mengalami penurunan kinerja.

Selanjutnya, kecepatan memori internal memengaruhi seberapa cepat sistem dapat mengakses dan memproses data. Semakin tinggi kecepatan memori, semakin cepat CPU dapat mengambil data yang diperlukan untuk menjalankan program dan proses komputasi. Ini berdampak langsung pada responsifitas sistem, waktu respon aplikasi, dan kinerja keseluruhan sistem. Dengan kecepatan memori yang tinggi, sistem dapat merespons input pengguna dengan cepat dan menjalankan aplikasi secara efisien, meningkatkan produktivitas pengguna.

Selain itu, manajemen memori internal juga berperan penting dalam kinerja sistem. Dengan manajemen memori yang efisien, sistem dapat mengalokasikan sumber daya memori secara optimal, mencegah terjadinya kekurangan memori, dan mengoptimalkan penggunaan memori untuk mendukung berbagai aplikasi dan proses.

Secara keseluruhan, memori internal memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja sistem komputer. Dengan kapasitas dan kecepatan yang mencukupi serta manajemen memori yang efisien, sistem dapat bekerja secara optimal, meningkatkan produktivitas pengguna, dan memberikan pengalaman komputasi yang memuaskan

### **I. Perkembangan dan Tren**

Perkembangan memori internal komputer telah mengalami evolusi yang signifikan seiring berjalannya waktu, yang dipicu oleh tuntutan akan kinerja yang lebih tinggi, kapasitas yang lebih besar, dan efisiensi yang lebih baik. Ada beberapa tren utama yang mempengaruhi perkembangan memori internal komputer:

1. **Kapasitas yang Semakin Besar:** Salah satu tren utama dalam perkembangan memori internal adalah peningkatan kapasitas. Komputer modern membutuhkan lebih banyak memori untuk menyimpan dan mengelola jumlah data yang semakin besar. Perkembangan teknologi telah memungkinkan peningkatan kapasitas memori, dengan komputer saat ini mampu menyediakan gigabyte hingga terabyte kapasitas memori internal.
2. **Peningkatan Kecepatan Akses:** Tren lainnya adalah peningkatan kecepatan akses memori internal. Seiring dengan peningkatan kecepatan CPU, kecepatan akses memori harus mengikuti agar tidak menjadi bottleneck dalam sistem. Teknologi seperti DDR4 dan DDR5 telah memperkenalkan kecepatan transfer data yang lebih tinggi, meningkatkan responsifitas sistem dan kinerja aplikasi.
3. **Penggunaan Teknologi Baru:** Perkembangan dalam teknologi memungkinkan pengenalan memori internal yang lebih canggih. Contohnya adalah teknologi 3D NAND dalam SSD, yang memungkinkan kapasitas yang lebih besar dalam ruang fisik yang lebih kecil. Selain itu, teknologi seperti NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory) juga menjadi tren, menggabungkan kecepatan akses memori dengan ketahanan data yang lebih baik.

4. **Optimasi Energi:** Selain meningkatkan kinerja, tren dalam perkembangan memori internal juga mencakup optimasi energi. Memori yang lebih efisien secara energi dapat mengurangi konsumsi daya sistem secara keseluruhan, yang penting untuk perangkat mobile dan komputasi dalam pusat data yang memerlukan efisiensi energi yang tinggi.

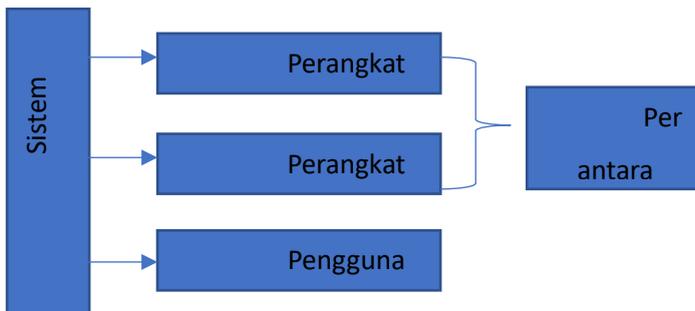
Secara keseluruhan, tren perkembangan memori internal komputer terus bergerak menuju kapasitas yang lebih besar, kecepatan akses yang lebih tinggi, penggunaan teknologi yang lebih canggih, dan efisiensi energi yang lebih baik. Hal ini bertujuan untuk memenuhi tuntutan pengguna akan kinerja yang tinggi, kapasitas yang besar, dan efisiensi yang optimal dalam penggunaan daya.

# BAB IX

## INPUT/OUTPUT

### A. Pengertian Input/Output

Input/output (I/O) dalam sistem komputer mencakup berbagai elemen, yakni terdapat perangkat keras dan perangkat lunak yang terlibat dalam proses masukan dan keluaran. Komputer adalah bagian dari sistem, dimana sistem adalah suatu set yang terdiri dari bagian atau komponen yang terhubung satu sama lain untuk mempermudah aliran data, entitas, ataupun daya. Dalam implementasinya memiliki fungsi dan manfaat masing-masing, sehingga dapat membantu aktifitas yang memerlukan kegiatan komputasi. Berikut adalah bagan komponen sistem komputer :

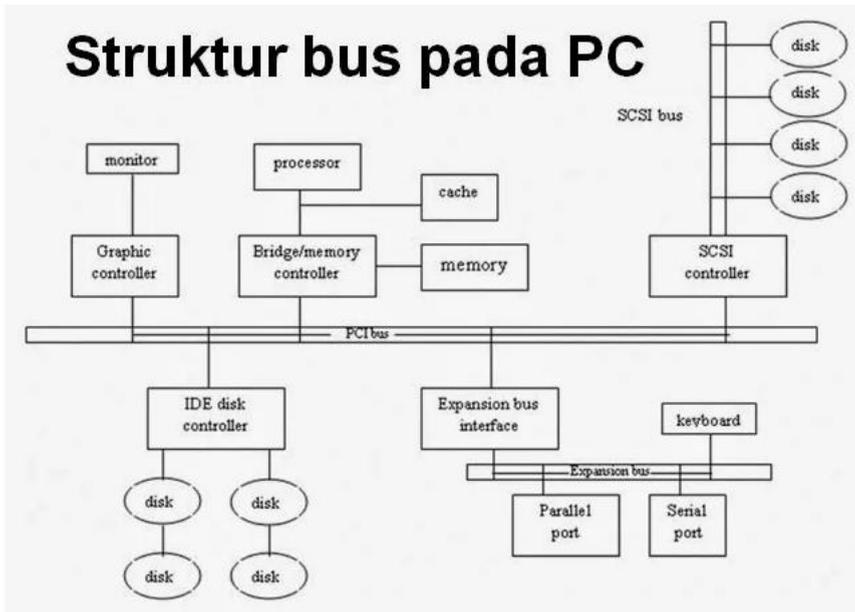


Gambar 9.1. Unsur sistem komputer

Selain itu komputer merupakan seperangkat elektronik yang terdiri dari banyak perangkat yang memiliki fungsi dan tugas dalam memproses suatu data. Dalam penerapan arsitektur dan organisasi komputer di struktur komputer terdapat modul, yaitu ada CPU (*central processing unit*) sebutan lainnya adalah prosesor, Selain CPU dan beberapa modul memori, komponen ketiga sistem komputer adalah sejumlah modul I/O. Modul-modul ini berfungsi sebagai antarmuka untuk bus, dimana switch utama

bertugas mengontrol beberapa perangkat peripheral sedangkan modul I/O tidak hanya sebagai penghubung mekanis suatu perangkat ke bus sistem, akan tetapi juga memiliki komponen cerdas, yaitu sistem logika untuk memungkinkan peripheral melakukan fungsi komunikasi dengan bus.

Disini tugas dari saluran kontrol mengatur akses ke saluran alamat, penggunaan data dan saluran alamat. Karena data dan saluran alamat digunakan bersama oleh seluruh komponen, untuk itu diperlukan alat yang dibutuhkan untuk mengatur penggunaannya. Sinyal kontrol melakukan transmisi informasi pewaktuan dan perintah di antara modul sistem. Sinyal pewaktuan menunjukkan validitas data dan informasi alamat, dan sinyal perintah menentukan operasi yang akan dibentuk. Sebagian besar saluran kontrol terdiri dari memori (*write*), memori (*read*), I/O (*write*), I/O (*read*), transfer (*ACK*), bus (*request*), bus (*grant*), *interrupt request*, *interrupt ACK*, *clock*, *reset*. Berikut dibawah ini adalah gambar struktur BUS pada komputer dengan berbagai sistem yang terhung, yaitu :



Gambar 9.2. Struktur bus pada pc

Saluran data memberikan lintasan bagi perpindahan data antara dua modul sistem. Saluran ini secara kolektif disebut bus data. Umumnya bus data terdiri dari 8, 16, 32 saluran, jumlah saluran dikaitkan dengan lebar bus data. Karena pada suatu saat tertentu masing-masing saluran hanya dapat membawa 1 bit, maka jumlah saluran menentukan jumlah bit yang dapat dipindahkan pada suatu saat. Lebar bus data merupakan faktor penting dalam menentukan kinerja sistem secara keseluruhan. Misalnya, bila bus data lebarnya 8 bit, dan setiap instruksi panjangnya 16 bit, maka CPU harus dua kali mengakses modul memori dalam setiap siklus instruksinya.

Saluran alamat digunakan untuk menandakan sumber atau tujuan data pada bus data. Misalnya, bila CPU akan membaca sebuah word data dari memori, maka CPU akan menaruh alamat word yang dimaksud pada saluran alamat. Lebar bus alamat akan menentukan kapasitas memori maksimum sistem. Selain itu, umumnya saluran alamat juga dipakai untuk mengalami port-port input/output. Biasanya, bit-bit berorde lebih tinggi dipakai untuk memilih lokasi memori atau port I/O pada modul, sehingga definisi dari perangkat input menurut (Morley et al., 2017:45) adalah “perangkat yang digunakan untuk memasukkan data atau perintah ke dalam sistem komputer atau jaringan”. Perangkat input berperan penting dalam mengubah data dari dunia nyata ke format digital yang bisa diproses oleh sistem komputer. Perangkat tersebut bertindak sebagai antarmuka oleh pengguna dan komputer, sehingga memungkinkan pengguna untuk berinteraksi memberikan perintah yang diproses oleh CPU (central processing Unit).

## **B. Jenis-jenis Perangkat input**

Ada beberapa jenis perangkat input atau yang disebut sebagai perangkat inputan yang merupakan media secara fisik yang memiliki fungsi memasukkan data atau perintah kedalam sistem komputer. Berikut adalah gambar proses input dalam komunikasi data serta penjelasan dari jenis perangkat input, yaitu :



Gambar 9.3. Proses input

Perangkat input mempunyai manfaat penting (Behrouz A. Forouzan Fegan, 2012:78) yaitu :

**Memasukkan Data** : Perangkat input mengumpulkan data dari pengguna atau lingkungan dan mengubahnya menjadi sinyal elektronik yang dapat diproses oleh komputer.

**Memasukkan Perintah** : Selain data, perangkat input juga digunakan untuk memasukkan perintah yang mengarahkan komputer untuk melakukan tugas tertentu.

**Interaksi dengan Sistem** : Perangkat input memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem operasi dan aplikasi perangkat lunak.

Berbagai jenis dari perangkat input akan dijabarkan pada tabel 1 beserta fungsi spesifiknya (Daulay, 2017; Widiyawati, 2022) diantaranya adalah:

Tabel 9.1. Perangkat Input

Nama Perangkat	Fungsi
1. Keyboard 	perangkat input paling umum yang digunakan untuk memasukkan teks dan perintah ke dalam komputer. Keyboard terdiri dari tombol yang mewakili huruf, angka, dan simbol.
2. Mouse 	untuk mengontrol kursor pada layar komputer. Ini memungkinkan pengguna untuk

	memilih dan mengarahkan objek di layar.
<p>3. Scanner</p> 	digunakan untuk mengonversi dokumen fisik menjadi format digital. Ini bekerja dengan memindai dokumen dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat disimpan dan diedit.
<p>4. Microphone</p> 	perangkat yang menangkap suara dan mengubahnya menjadi sinyal elektronik. Microphone digunakan dalam aplikasi seperti perekaman suara dan telekonferensi.
<p>5. Kamera</p> 	Kamera digital menangkap gambar atau video dan mengonversinya menjadi data digital. Kamera digunakan dalam aplikasi seperti video konferensi dan fotografi digital.

### C. Teknologi Terbaru Dalam Perangkat Input

Perkembangan teknologi dalam perangkat input telah membawa perubahan signifikan dalam cara kita berinteraksi dengan komputer dan perangkat elektronik lainnya. Di era digital ini, inovasi dalam teknologi input tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna, tetapi juga membuka peluang baru dalam berbagai bidang seperti pendidikan, kesehatan, hiburan, dan industri. Teknologi terbaru dalam perangkat input mencakup berbagai inovasi seperti layar sentuh (*touch screen*), pengenalan suara (*voice recognition*), pengenalan gerakan (*gesture recognition*), dan teknologi biometri (Buchanan, 2023; Valkenburg et al., 2001; William,

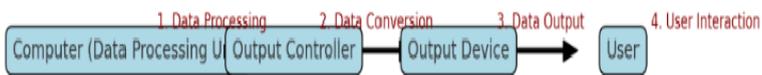
2011:289) ., dan menurut (Morley et al., 2017:102–205) bahwa “dengan terus berkembangnya teknologi, kita dapat mengharapkan perangkat input yang lebih maju dan interaktif di masa depan, yang akan semakin mendekatkan manusia dengan teknologi”. Berikut merupakan penjelasan dari teknologi terbaru dalam perangkat input :

1. Layar Sentuh (*touchscreen*) : Layar sentuh telah menjadi bagian integral dari banyak perangkat modern, termasuk smartphone, tablet, dan komputer. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan layar menggunakan jari atau *stylus*, menghilangkan kebutuhan akan perangkat input tradisional seperti *keyboard* dan *mouse*. Ada dua jenis utama layar sentuh: resistif dan kapasitif. Layar resistif bekerja dengan mendeteksi tekanan pada layar, sedangkan layar kapasitif mendeteksi perubahan medan listrik ketika layar disentuh. Teknologi layar sentuh telah membuat interaksi dengan perangkat lebih intuitif dan alami (Fihn et al., 2016; Phares, 2016).
2. Pengenalan Suara (*gesture recognition*) : Pengenalan gerakan adalah teknologi yang memungkinkan komputer untuk mendeteksi dan menafsirkan gerakan tubuh atau tangan pengguna sebagai perintah. Teknologi ini menggunakan sensor seperti kamera atau sensor inframerah untuk menangkap gerakan dan menerjemahkannya ke dalam perintah yang dapat dipahami oleh komputer. Pengenalan gerakan telah menemukan aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk konsol game seperti Nintendo Wii dan Microsoft Kinect, serta dalam sistem kendali kendaraan dan perangkat medis (Tanenbaum et al., 2013:345–350).
3. Teknologi Biometrik : eknologi biometrik menggunakan karakteristik fisik unik pengguna, seperti sidik jari, wajah, retina, atau suara, untuk otentikasi dan akses. Teknologi ini telah meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam banyak aplikasi, termasuk perangkat mobile, sistem keamanan, dan layanan keuangan. Sensor sidik jari yang terdapat pada banyak smartphone modern adalah

contoh penerapan teknologi biometrik yang memungkinkan akses cepat dan aman ke perangkat dan aplikasi (Behrouz A. Forouzan Fegan, 2012:220–223).

#### D. Perangkat Output Dalam Komunikasi Data

Perangkat output adalah komponen penting dalam sistem komputer yang memungkinkan komputer untuk berkomunikasi hasil pemrosesan data kepada pengguna. Dalam konteks komunikasi data, perangkat output memainkan peran vital dalam menyampaikan informasi yang telah diproses atau diterima dari sumber lain kepada pengguna dalam format yang dapat dimengerti. Perangkat output yang umum meliputi monitor, printer, speaker, dan proyektor. Setiap perangkat memiliki mekanisme kerja yang berbeda sesuai dengan jenis data yang dioutputkan, seperti visual, audio, atau cetak. Disisi lain bisa diartikan sebagai perangkat output, atau output devices, adalah perangkat keras yang digunakan untuk menyajikan data hasil pemrosesan oleh komputer kepada pengguna. mekanisme dari perangkat output dapat digambarkan prosesnya, dibawah ini :



Gambar 9.4. Proses Output

Gambar 9.4. menggambarkan proses perangkat output dalam komunikasi data. Berikut adalah penjelasan dari setiap langkah dalam proses tersebut :

**Computer (Data Processing Unit)** : Data diproses oleh unit pemrosesan data komputer, di mana semua perhitungan dan pengolahan informasi terjadi.

**Output Controller** : Setelah data diproses, data tersebut dikirim ke kontroler output. Kontroler output mengonversi data digital menjadi sinyal yang dapat dimengerti oleh perangkat output.

**Output Device** : Perangkat output, seperti monitor, printer, atau speaker, menerima sinyal dari kontroler output dan mengubahnya menjadi format yang dapat dilihat, didengar, atau disentuh oleh pengguna.

**User** : Pengguna menerima data yang telah dioutputkan oleh perangkat output dalam format yang bisa mereka pahami, seperti tampilan visual, cetakan fisik, atau suara. Dan fungsi utama perangkat output adalah (Morley et al., 2017:67-69) :

**Menyajikan Data Visual**: Mengubah data digital menjadi tampilan visual yang dapat dilihat pengguna, misalnya melalui monitor atau proyektor.

**Menyajikan Data Audio**: Mengubah data digital menjadi suara yang dapat didengar oleh pengguna, misalnya melalui speaker atau headphone.

**Menyajikan Data Fisik**: Mengubah data digital menjadi bentuk fisik, misalnya melalui printer.

Berikut akan disajikan cara kerja dari perangkat output beserta nama perangkat outputnya, diantaranya adalah (Behrouz A. Forouzan Fegan, 2012; goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, 2019; Im et al., 2010; James Kurose et al., 2021; J Kurose et al., 2007; Nathan et al., 2012) :

Tabel 9.2. Cara kerja Perangkat Output

Nama Perangkat	Definisi	Komponen
1. Monitor 	Monitor adalah perangkat output utama untuk menampilkan data visual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Panel Display</li> <li>● Kartu Grafis</li> <li>● Backlight</li> </ul>
2. Printer 	Printer adalah perangkat output yang mengubah data digital menjadi cetakan fisik di atas kertas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Head Printer</li> <li>● Roller dan Motor</li> <li>● Pengeringan atau Fusing</li> </ul>

<p>3. Speaker</p> 	<p>perangkat output yang mengubah sinyal digital menjadi suara.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Driver Speaker</li> <li>● Diafragma</li> <li>● Amplifier</li> </ul>
<p>4. Proyektor</p> 	<p>digunakan untuk menampilkan data visual dalam format yang lebih besar, misalnya di dinding atau layar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lampu proyektor</li> <li>● Lensa</li> <li>● Teknologi Display</li> </ul>

### E. Sistem Keamanan Input/Output Dalam Komunikasi Data

Sistem keamanan dalam komunikasi data menjadi semakin penting dengan berkembangnya teknologi informasi. Keamanan input/output (I/O) adalah aspek kritis dalam melindungi integritas, kerahasiaan, dan ketersediaan data yang dikirimkan, diterima, atau diproses oleh perangkat I/O. Dalam konteks ini, perangkat I/O meliputi berbagai perangkat yang digunakan untuk memasukkan data ke dalam sistem komputer atau mengeluarkan data dari sistem komputer. Sistem keamanan I/O berusaha untuk melindungi data dari ancaman seperti penyadapan, gangguan, dan manipulasi.

Merujuk pada (Coronado, 2013; P et al., 2023; Stallings et al., 2010) dijelaskan bahwa sistem keamanan mengandung sistem CIA yaitu **Kerahasiaan (Confidentiality)** : menjamin bahwa informasi hanya dapat diakses oleh pihak yang berwenang, **Integritas (Integrity)** : memastikan bahwa informasi tidak diubah oleh pihak yang tidak berwenang, **Ketersediaan (Availability)** : menjamin bahwa informasi dan sumber daya dapat diakses oleh pihak yang berwenang kapan pun diperlukan. Beberapa ancaman utama terhadap keamanan I/O dalam komunikasi data meliputi (Bishop, 2013; Coronado, 2013; Olowu et al., 2014) :

**Penyadapan (Eavesdropping)** : mengintip komunikasi data untuk mendapatkan informasi rahasia.

**Interception** : mengambil atau mencuri data selama transmisi.

**Interferensi (Interference)** : mengganggu proses transmisi data sehingga data tidak sampai ke tujuan.

**Modifikasi (Modification)** : mengubah data yang ditransmisikan sehingga informasi yang diterima berbeda dari yang dikirimkan.

**Denial of Service (DoS)** : mencegah akses ke layanan atau sumber daya yang sah.

## F. Kesimpulan dan Penutup

Perangkat input dan output (I/O) adalah komponen penting dalam sistem komputer yang memungkinkan interaksi antara pengguna dan komputer. Perangkat input seperti keyboard, mouse, scanner, microphone, dan kamera memungkinkan pengguna untuk memasukkan data dan instruksi ke dalam komputer. Sementara itu, perangkat output seperti monitor, printer, speaker, dan proyektor memungkinkan komputer untuk menyampaikan hasil pemrosesan data kepada pengguna dalam format yang dapat dipahami. Mekanisme kerja perangkat input melibatkan konversi input fisik menjadi sinyal elektronik yang dapat diproses oleh komputer. Perangkat output, di sisi lain, mengubah data digital yang telah diproses oleh komputer menjadi format fisik yang dapat dilihat, didengar, atau disentuh oleh pengguna.

Keamanan I/O adalah aspek kritis dalam melindungi data yang dikirimkan, diterima, atau diproses oleh perangkat I/O. Teknik dan prosedur seperti enkripsi, autentikasi, kontrol akses, dan monitoring digunakan untuk memastikan integritas, kerahasiaan, dan ketersediaan data. Implementasi yang efektif dari teknik-teknik ini dapat meminimalkan risiko terhadap ancaman keamanan yang terus berkembang.

Dalam era digital yang terus berkembang, pentingnya perangkat input dan output serta keamanan I/O tidak dapat diremehkan. Perangkat I/O memungkinkan interaksi yang mulus antara manusia dan mesin,

mendukung berbagai aktivitas mulai dari pengetikan hingga komunikasi suara dan video. Sementara itu, ancaman terhadap keamanan data semakin canggih dan beragam, menuntut pendekatan keamanan yang proaktif dan komprehensif.

Dengan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja perangkat I/O dan teknik keamanan yang relevan, kita dapat memastikan bahwa sistem komputer tidak hanya fungsional tetapi juga aman. Ke depan, inovasi di bidang perangkat I/O dan teknologi keamanan akan terus berkembang, membuka peluang baru untuk interaksi yang lebih efektif dan aman antara manusia dan komputer.



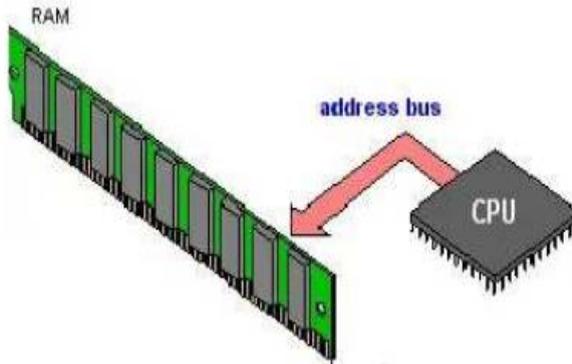
# BAB X

## BUS DAN PERKEMBANGANYA

### A. Pengertian BUS

BUS adalah jalur komunikasi yang menghubungkan berbagai komponen dalam sistem komputer sehingga memungkinkan transfer data. BUS merupakan komponen penting dalam arsitektur komputer yang terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan akan kecepatan, efisiensi, dan fleksibilitas dalam transfer data di berbagai perangkat elektronik. Ada beberapa jenis bus dalam sistem komputer, yaitu:

1. **Data Bus:** Mengirim data antara CPU, memori, dan perangkat I/O. Jalur Data memberikan lintasan bagi perpindahan data antara dua modul sistem, saluran ini secara kolektif disebut bus data. Umumnya data bus terdiri dari 8, 16, 32 saluran, jumlah saluran diartikan dengan lebar bus data. Lebar bus data merupakan faktor penting dalam menentukan kinerja sistem secara keseluruhan. Misalnya, bila bus data lebarnya 8 bit, dan setiap instruksi panjangnya 16 bit, maka CPU harus dua kali mengakses modul memori dalam setiap siklus instruksinya.
2. **Address Bus:** Mengirim alamat memori yang digunakan untuk menentukan lokasi data. Saluran alamat digunakan untuk menandakan sumber atau tujuan data pada bus data. Misalnya, bila CPU akan membaca sebuah word data dari memori, maka CPU akan menaruh alamat word yang dimaksud pada saluran alamat. Lebar bus alamat akan menentukan kapasitas memori maksimum sistem. Selain itu, umumnya saluran alamat juga dipakai untuk mengalami port-port input/output. Biasanya, bit-bit berorde lebih tinggi dipakai untuk memilih lokasi memori atau port I/O pada modul.



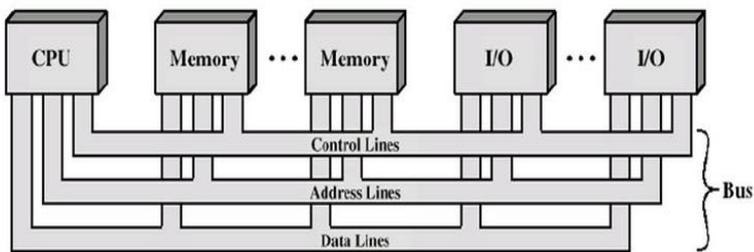
Gambar 10.1 Posisi Address BUS

Berikut ini ukuran address bus dari beberapa prosesor:

Tabel 10.1 Ukuran Alamat Bus

CONTROL PROCESOR UNIT (CPU)	ADDRESS BUS SIZE
8086	20 bit
8088	20 bit
80286	24 bit
80386SX	24 bit
80386DX	32 bit
80486SX	32 bit
80486DX	32 bit
PENTIUM I	32 bit
K6	32 bit
DURON	32 bit
ATHLON	32 bit
ATHLON XP	32 bit
CELERON	36 bit
PENTIUM PRO	36 bit
PENTIUM II	36 bit
PENTIUM III	36 bit
PENTIUM 4	36 bit
ATHLON	40 bit
ATHON-64	40 bit
ATHON-64 FX	40 bit
OPTERON	40 bit
ITANIUM	44 bit
ITANIUM 2	44 bit

3. Control Bus: Mengirim sinyal kontrol untuk mengelola dan mengoordinasikan berbagai aktivitas dalam sistem komputer. Saluran alamat digunakan untuk menandakan sumber atau tujuan data pada bus data. Misalnya, bila CPU akan membaca sebuah word data dari memori, maka CPU akan menaruh alamat word yang dimaksud pada saluran alamat. Lebar bus alamat akan menentukan kapasitas memori maksimum sistem. Selain itu, umumnya saluran alamat juga dipakai untuk mengalami port-port input/output. Biasanya, bit-bit berorde lebih tinggi dipakai untuk memilih lokasi memori atau port I/O pada modul.



Gambar 10.2 Skema Interkoneksi BUS

## B. Jenis-Jenis Bus

System bus atau bus sistem, dalam arsitektur komputer merujuk pada bus yang digunakan oleh sistem komputer untuk menghubungkan semua komponennya dalam menjalankan tugasnya. Sebuah bus adalah sebutan untuk jalur di mana data dapat mengalir dalam komputer. Jalur-jalur ini digunakan untuk komunikasi dan dapat dibuat antara dua elemen atau lebih. Data atau program yang tersimpan dalam memori dapat diakses dan dieksekusi oleh CPU melalui perantara sistem bus.

Sebuah komputer memiliki beberapa bus, agar dapat berjalan. Banyaknya bus yang terdapat dalam sistem, tergantung dari arsitektur sistem komputer yang digunakan. Sebagai contoh, sebuah komputer PC dengan prosesor umumnya Intel Pentium 4 memiliki bus prosesor (Front-Side

Bus), bus AGP, bus PCI, bus USB, bus ISA (yang digunakan oleh keyboard dan mouse), dan bus-bus lainnya.

Bus disusun secara hierarkis, karena setiap bus yang memiliki kecepatan rendah akan dihubungkan dengan bus yang memiliki kecepatan tinggi. Setiap perangkat di dalam sistem juga dihubungkan ke salah satu bus yang ada. Sebagai contoh, kartu grafis AGP akan dihubungkan ke bus AGP. Beberapa perangkat lainnya (utamanya chipset atau kontrolir) akan bertindak sebagai jembatan antara bus-bus yang berbeda. Sebagai contoh, sebuah kontrolir bus SCSI dapat mengubah sebuah bus menjadi bus SCSI, baik itu bus PCI atau bus PCI Express.

Berdasar jenis busnya, bus dapat dibedakan menjadi bus yang khusus menyalurkan data tertentu, contohnya paket data saja, atau alamat saja, jenis ini disebut dedicated bus. Namun apabila bus yang dilalui informasi yang berbeda baik data, alamat, dan sinyal kontrol dengan metode multiplex data maka bus ini disebut multiplexed bus. Kekurangan multiplexed bus adalah hanya memerlukan saluran sedikit sehingga menghemat tempat tapi kecepatan transfer data menurun dan diperlukan mekanisme yang kompleks untuk mengurai data yang telah dimultiplex. Sedangkan untuk dedicated bus merupakan kebalikan dari multiplexed bus. Beberapa Jenis bus utama dalam sistem komputer modern adalah sebagai berikut:

#### 1. Bus ISA

Bus ISA (Industry Standard Architecture) adalah sebuah arsitektur bus dengan bus data selebar 8-bit yang diperkenalkan dalam IBM PC 5150 pada tanggal 12 Agustus 1981. Bus ISA diperbarui dengan menambahkan bus data selebar menjadi 16-bit pada IBM PC/AT pada tahun 1984, sehingga jenis bus ISA yang beredar pun terbagi menjadi dua bagian, yakni ISA 16-bit dan ISA 8-bit. ISA merupakan bus dasar dan paling umum digunakan dalam komputer IBM PC hingga tahun 1995, sebelum akhirnya digantikan oleh bus PCI yang diluncurkan pada tahun 1992.

## 2. Bus EISA

Bus EISA (Extended/Enhanced Industry Standard Architecture) adalah sebuah bus I/O yang diperkenalkan pada September 1988 sebagai respons dari peluncuran bus MCA oleh IBM, mengingat IBM hendak “memonopoli” bus MCA dengan mengharuskan pihak lain membayar royalti untuk mendapatkan lisensi MCA. Standar ini dikembangkan oleh beberapa vendor IBM PC Compatible, selain IBM, meskipun yang banyak menyumbang adalah Compaq Computer Corporation. Compaq jugalah yang membentuk EISA Committee, sebuah organisasi nonprofit yang didesain secara spesifik untuk mengatur pengembangan bus EISA. Selain Compaq, ada beberapa perusahaan lain yang mengembangkan EISA yang jika diurutkan, maka kumpulan perusahaan dapat disebut sebagai WATCHZONE:

- a. Wyse
- b. AT&T
- c. Tandy Corporation
- d. Compaq Computer Corporation
- e. Hewlett-Packard
- f. Zenith
- g. Olivetti
- h. NEC
- i. Epson

Meski menawarkan pengembangan yang signifikan jika dibandingkan dengan ISA 16-bit, hanya beberapa kartu berbasis EISA yang beredar di pasaran (atau yang dikembangkan). Itu pun hanya berupa kartu pengontrol larik hard disk (SCSI/RAID), dan kartu jaringan server.

## 3. Bus AGP

Porta grafik terakselerasi atau Bus AGP (singkatan dari Accelerated Graphics Port) adalah sebuah bus yang dikhususkan

sebagai bus pendukung kartu grafis berkinerja tinggi, menggantikan bus ISA, bus VESA atau bus PCI yang sebelumnya digunakan.

Spesifikasi AGP pertama kali (1.0) dibuat oleh Intel dalam seri chipset Intel 440 pada Juli tahun 1996. Sebenarnya AGP dibuat berdasarkan bus PCI, tapi memiliki beberapa kemampuan yang lebih baik. Selain itu, secara fisik, logis dan secara elektronik, AGP bersifat independen dari PCI. Tidak seperti bus PCI yang dalam sebuah sistem bisa terdapat beberapa slot, dalam sebuah sistem, hanya boleh terdapat satu buah slot AGP saja.

#### 4. Bus PCI

Interkoneksi komponen periferal (bahasa Inggris: Peripheral Component Interconnect) adalah bus yang didesain untuk menangani beberapa perangkat keras. PCI juga adalah suatu bandwidth tinggi yang populer, prosesor independent bus itu dapat berfungsi sebagai bus mezzanine atau bus periferal[1]. Standar bus PCI ini dikembangkan oleh konsorsium PCI Special Interest Group yang dibentuk oleh Intel Corporation dan beberapa perusahaan lainnya, pada tahun 1992. Tujuan dibentuknya bus ini adalah untuk menggantikan Bus ISA/EISA yang sebelumnya digunakan dalam komputer IBM PC atau kompatibelnya. Komputer lama menggunakan slot ISA, yang merupakan bus yang lamban. Sejak kemunculan-nya sekitar tahun 1992, bus PCI masih digunakan sampai sekarang, hingga keluar versi terbarunya yaitu PCI Express (add-on).

#### 5. Bus PCI Express

PCI Express (PCI-E/PCIex) adalah slot ekspansi module, di desain untuk menggantikan PCI bus yang lama. Banyak Motherboard mengadopsi PCI express dikarenakan PCI Express memiliki transfer data yang lebih cepat, terutama untuk keperluan grafis 3D. Slot ini memiliki kecepatan 1x, 2x, 4x, 8x, 16x and 32x, tidak seperti PCI biasa dengan sistem komunikasi paralel. PCI Express menggunakan sistem serial dan mampu berkomunikasi 2 kali (tuliskan/baca) dalam satu rute clock.

## 6. Bus MCA

Bus MCA (Micro Channel Architecture) adalah sebuah bus I/O ber-bandwidth 32-bit yang digunakan dalam beberapa komputer mikro. Bus ini dibuat oleh IBM yang ditujukan untuk menggantikan bus ISA 8-bit/16-bit yang lambat, selain tentunya untuk menghadapi masalah bottleneck yang terjadi akibat kecepatan prosesor yang semakin tinggi tapi tidak diimbangi dengan kecepatan bus I/O. Komputer yang menggunakan bus ini pun hanya sedikit, mengingat memang IBM mewajibkan para vendor untuk membayar royalti kepada IBM untuk mendapatkan lisensi bus MCA. Karena hal ini banyak vendor yang kurang setuju dengan IBM membuat “partai oposisi”, dengan membuat bus EISA.

## 7. Bus SCSI

Small Computer System Interface (SCSI) merupakan set standar untuk menghubungkan secara fisik dan mentransfer Data antara komputer dan periferal . SCSI mendefinisikan perintah, protokol (komputer) dan antarmuka listrik dan optika . SCSI ini paling sering digunakan untuk Cakram Keras, tetapi dapat menghubungkan berbagai perangkat lain, termasuk pemindai dan drive CD . SCSI mendefinisikan set perintah secara spesifik untuk jenis periferal, sesuatu yang “tidak diketahui – unknown” sebagai salah satu jenis yang mengartikan bahwa secara Teori dapat digunakan sebagai antarmuka ke hampir perangkat apapun, namun standar ini sangat pragmatis dan ditujukan terhadap persyaratan komersial.

Setiap perangkat melekat pada bus komputer SCSI dengan cara yang sama, terhitung sampai dengan 8 atau 16 perangkat yang dapat menempel pada bus komputer tunggal. SCSI menggunakan [sinyal|sinyal elektrik] berjabat tangan antar perangkat, SCSI-1, SCSI-2 memiliki pilihan untuk memeriksa kesalahan paritas. protokol (komputer) SCSI mendefinisikan komunikasi dari Nama host-ke-Nama host, Nama host-ke-periferal, periferal -ke-periferal. Namun sebagian besar periferal yang secara khusus merupakan target SCSI,

tidak mampu bertindak sebagai insiator SCSI – tidak dapat melakukan transaksi SCSI sendiri. Oleh karena itu, komunikasi periferal –to–periferal jarang terjadi, tapi mungkin juga terjadi pada aplikasi SCSI umum. The Symbios Logic chip 53C810 adalah contoh dari antarmuka PCI Nama host yang dapat bertindak sebagai target SCSI.

## 8. Universal Serial Bus

Universal Serial Bus (USB) adalah standar bus serial untuk perangkat penghubung, biasanya kepada komputer namun juga digunakan di peralatan lainnya seperti konsol permainan, ponsel dan PDA. Sistem USB mempunyai desain yang asimetris, yang terdiri dari pengontrol host dan beberapa peralatan terhubung yang berbentuk “pohon” dengan menggunakan peralatan hub yang khusus.

Desain USB ditujukan untuk menghilangkan perlunya penambahan expansion card ke ISA komputer atau bus PCI, dan memperbaiki kemampuan plug-and-play (pasang-dan-mainkan) dengan memperbolehkan peralatan-peralatan ditukar atau ditambah ke sistem tanpa perlu mereboot komputer. Ketika USB dipasang, ia langsung dikenal sistem komputer dan memroses device driver yang diperlukan untuk menjalankannya.

USB dapat menghubungkan peralatan tambahan komputer seperti mouse, keyboard, pemindai gambar, kamera digital, printer, hard disk, dan komponen networking. USB kini telah menjadi standar bagi peralatan multimedia seperti pemindai gambar dan kamera digital.

## C. Cara Kerja Sistem Bus Pada Komputer

Cara kerja sistem bus pada komputer dapat dijelaskan sebagai proses pengiriman data dan sinyal kontrol antara berbagai komponen utama dalam sistem. Berikut ini adalah langkah-langkah utama dalam cara kerja sistem bus pada komputer:

### 1. Inisiasi

Proses dimulai ketika CPU memerintahkan sistem bus untuk memulai transfer data atau instruksi. CPU menghasilkan sinyal yang

menginstruksikan bus untuk mengirim atau menerima data dari lokasi yang ditentukan.

## 2. Pengiriman Sinyal

Setelah menerima instruksi dari CPU, sistem bus mengirimkan sinyal kontrol ke perangkat atau lokasi memori yang dituju. Sinyal-sinyal ini mengatur berbagai aspek transfer data, termasuk arah transfer, kecepatan, dan validitas data.

## 3. Transfer Data

Data atau instruksi kemudian dikirim melalui jalur komunikasi yang disediakan oleh sistem bus. Ini melibatkan pengiriman bit-bit data melalui bus data, pengiriman alamat memori melalui bus alamat, dan pengaturan operasi melalui bus kontrol.

## 4. Dekode dan Eksekusi

Setelah data atau instruksi diterima oleh perangkat atau lokasi memori yang dituju, mereka kemudian didekode dan dieksekusi sesuai dengan fungsi masing-masing komponen. Misalnya, CPU akan mengambil instruksi dari memori dan mengeksekusinya, atau perangkat eksternal akan menerima data dan menghasilkan respons sesuai.

## 5. Konfirmasi dan Feedback

Sistem bus kemudian mengirimkan konfirmasi ke CPU atau perangkat pengirim bahwa transfer data telah berhasil dilakukan. Ini memastikan bahwa operasi telah diselesaikan dengan benar dan sistem siap untuk mengambil instruksi atau melakukan operasi berikutnya.

## 6. Siklus Berulang

Proses ini terus berulang secara terus-menerus selama sistem komputer beroperasi. CPU terus memerintahkan sistem bus untuk melakukan transfer data, sementara sistem bus mengatur dan mengkoordinasikan komunikasi antara berbagai komponen dalam sistem.

## **D. Sejarah dan Perkembanganya**

Sejarah perkembangan bus mencakup beberapa tahap penting yang mencerminkan evolusi dan peningkatan performa serta efisiensi sistem komputer. Berikut ini adalah rincian sejarah perkembangan bus:

### **1. Era Awal (1970-an – 1980-an)**

#### **a. S-100 Bus**

**1974:** Diperkenalkan sebagai bagian dari komputer Altair 8800, salah satu komputer pribadi pertama. Bus ini menggunakan konektor 100-pin dan merupakan bus paralel yang memungkinkan berbagai kartu ekspansi untuk berkomunikasi dengan CPU.

#### **b. ISA (Industry Standard Architecture)**

**1981:** Diperkenalkan oleh IBM dengan PC IBM. ISA awalnya adalah bus paralel 8-bit, kemudian berkembang menjadi 16-bit. ISA menjadi standar de facto untuk bus komputer pribadi hingga akhir 1990-an.

### **2. Perkembangan di Era 1990-an**

#### **a. VESA Local Bus (VLB)**

**1992:** Dikembangkan oleh Video Electronics Standards Association (VESA) untuk meningkatkan performa grafis. VLB adalah bus paralel yang memberikan kecepatan transfer yang lebih tinggi dibandingkan ISA, namun memiliki keterbatasan dalam hal jumlah slot dan stabilitas.

#### **b. PCI (Peripheral Component Interconnect)**

**1993:** Diperkenalkan oleh Intel, PCI adalah bus paralel yang menawarkan kecepatan transfer data yang lebih tinggi dan fleksibilitas lebih besar dibandingkan ISA dan VLB. PCI mendukung plug and play, yang memungkinkan perangkat keras baru dikenali dan dikonfigurasi secara otomatis.

**c. AGP (Accelerated Graphics Port)**

**1997:** Diperkenalkan oleh Intel khusus untuk kartu grafis. AGP memberikan jalur khusus antara CPU dan kartu grafis, yang meningkatkan performa grafis dengan mengurangi kemacetan data pada bus utama.

**3. Masuk ke Era 2000–an**

**PCI Express (PCIe)**

**2003:** Menggantikan PCI dan AGP, PCIe menggunakan arsitektur serial dan menawarkan kecepatan transfer yang jauh lebih tinggi, skalabilitas, dan efisiensi energi yang lebih baik. PCIe memiliki beberapa versi: **PCIe 1.0:** 250 MB/s per jalur. **PCIe 2.0:** 500 MB/s per jalur. **PCIe 3.0:** 1 GB/s per jalur. **PCIe 4.0:** 2 GB/s per jalur. **PCIe 5.0:** 4 GB/s per jalur. **PCIe 6.0:** 8 GB/s per jalur (diperkenalkan pada 2022).

**4. Teknologi Modern**

**a. USB (Universal Serial Bus)**

**1996:** USB 1.0 diperkenalkan dengan kecepatan transfer data 12 Mbps. USB telah berkembang menjadi standar untuk menghubungkan perangkat eksternal dengan berbagai versi yang menawarkan kecepatan lebih tinggi: **USB 2.0:** 480 Mbps. **USB 3.0:** 5 Gbps. **USB 3.1:** 10 Gbps. **USB 3.2:** 20 Gbps. **USB4:** 40 Gbps.

**b. Thunderbolt**

**2011:** Dikembangkan oleh Intel dan Apple, Thunderbolt menggabungkan PCIe dan DisplayPort, menawarkan kecepatan hingga 40 Gbps dengan Thunderbolt 3 dan 4.

**c. NVMe (Non-Volatile Memory Express)**

**2011:** Standar bus untuk SSD yang menggunakan PCIe, memberikan kecepatan transfer data yang sangat tinggi dan latensi rendah dibandingkan dengan bus SATA tradisional.

## 5. Masa Depan BUS

### a. PCIe 6.0 dan Beyond

Dengan kebutuhan akan transfer data yang semakin besar, perkembangan ke PCIe 6.0 yang menawarkan kecepatan hingga 8 GB/s per jalur akan menjadi standar untuk aplikasi yang membutuhkan bandwidth tinggi seperti AI, data center, dan gaming.

### b. CXL (Compute Express Link)

Teknologi bus baru yang dikembangkan untuk mengoptimalkan komunikasi antara CPU, GPU, memori, dan perangkat lainnya di data center dan aplikasi AI.

Keuntungan dari Perkembangan BUS :

1. **Peningkatan Performa:** Setiap generasi bus meningkatkan kecepatan transfer data, yang berdampak langsung pada performa sistem secara keseluruhan.
2. **Efisiensi Energi:** Bus modern dirancang untuk efisiensi energi yang lebih baik, mengurangi konsumsi daya pada perangkat.
3. **Skalabilitas:** Teknologi bus memungkinkan penambahan perangkat baru dengan mudah, memberikan fleksibilitas dalam pengembangan dan peningkatan sistem.
4. **Kompatibilitas dan Standarisasi:** Standar bus seperti USB dan PCIe memastikan perangkat dari berbagai produsen dapat bekerja bersama tanpa masalah kompatibilitas.

# BAB XI

## ARSITEKTUR PARALEL

### **A. Defenisi Arsitektur Paralel**

Arsitektur Komputer Paralel adalah sekumpulan elemen pemroses (Processing Elements) yang bekerjasama dalam menyelesaikan sebuah masalah besar. Komputasi paralel adalah salah satu teknik melakukan komputasi secara bersamaan dengan memanfaatkan beberapa komputer secara bersamaan. Biasanya diperlukan saat kapasitas yang diperlukan sangat besar, baik karena harus mengolah data dalam jumlah besar ataupun karena tuntutan proses komputasi yang banyak.

Untuk melakukan aneka jenis komputasi paralel ini diperlukan infrastruktur mesin paralel yang terdiri dari banyak komputer yang dihubungkan dengan jaringan dan mampu bekerja secara paralel untuk menyelesaikan satu masalah. Untuk itu diperlukan aneka perangkat lunak pendukung yang biasa disebut sebagai middleware yang berperan untuk mengatur distribusi pekerjaan antar node dalam satu mesin paralel. Selanjutnya pemakai harus membuat pemrograman paralel untuk merealisasikan komputasi.

Pemrograman paralel itu sendiri merupakan suatu metode pemrograman komputer yang memungkinkan untuk dapat menjalankan beberapa intruksi atau operasi dijalankan pada waktu yang bersamaan. Ini dilakukan melalui beberapa komputer secara individual yang terhubung ke dalam jaringan komputer. Sistem ini menggunakan bahasa pemrograman Message Passing interface (MPI) atau Parallel Virtual Machine (PVM).

Komputasi paralel tidak sama dengan Multitasking. Multitasking merupakan kombinasi unit sistem terdiri dari satu modul pengolahan data yang dapat melakukan beberapa tugas secara bersamaan. Sedangkan komputasi paralel merupakan penggabungan dari beberapa modul

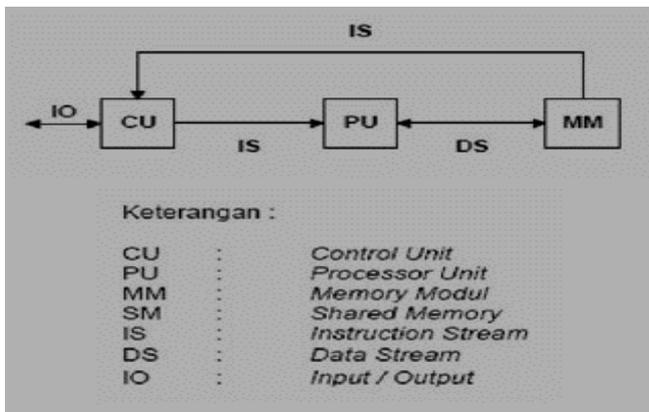
pengolahan data menjadi satu sistem yang dapat melakukan banyak tugas dalam waktu yang bersamaan.

## B. Jenis-jenis Arsitektur Paralel

Michael Flynn mengklasifikasikan jenis-jenis arsitektur paralel kedalam empat kategori berdasarkan hadir atau tidaknya berbagai aliran instruksi dan aliran data, namun disini mencoba menuliskannya secara spesifik ada 6 yaitu ;

### 1. Single Instruction – Single Data (SISD)

Arsitektur jenis Single Instruction – Single Data (SISD) ini, komputer hanya memiliki satu prosesor serta satu intruksi yang dieksekusi secara serial. Komputer ini merupakan jenis komputer konvensional. Menurut mereka jenis komputer ini tidak ada didalam praktek komputer paralel sebab mainframnya tidak lagi menggunakan paralel.

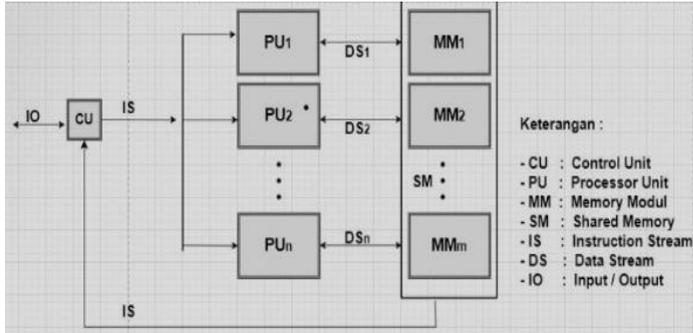


Gambar 11.1 Alur kerja Single Instruction – Single Data

### 2. Single Instruction – Multiple Data (SIMD)

Arsitektur jenis Single Instruction – Multiple Data (SIMD) ini Komputer memiliki lebih dari satu prosesor, tetapi komputer ini hanya mengeksekusi satu intruksi saja secara paralel pada data yang berbeda pada level lock-step. Komputer vektor merupakan salah satu komputer paralel yang menggunakan arsitektur ini. Ada beberapa contoh komputer yang

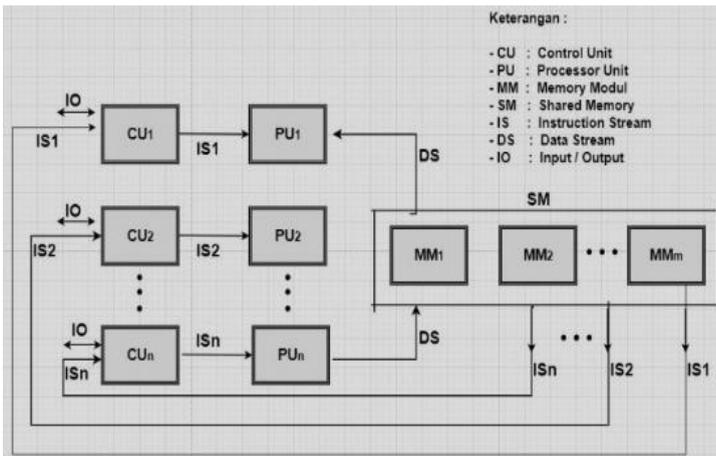
menggunakan model SIMD yaitu ILLIAC IV, MasPar, Cray X-MP, Cray Y-MP, Thinking Machine CM-2 dan Cell Processor (GPU).



Gambar 11.2 Alur Kerja Single Intruction – Multiple Data

### 3. Multiple Instructions – Single Data (MISD)

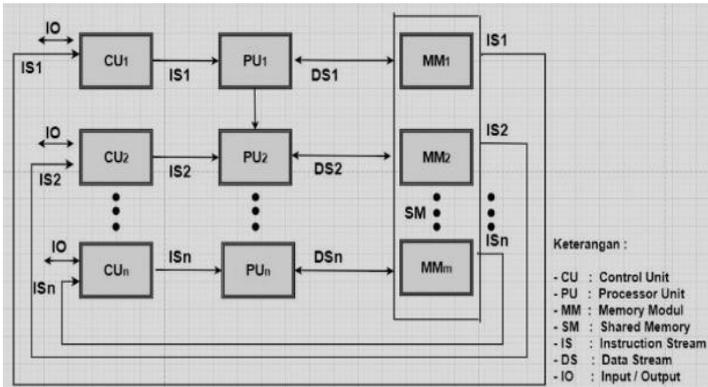
Arsitektur jenis Multiple Instructions–Single Data (MISD) ini secara teori komputernya hanya memiliki satu prosesor yang menjalankan beberapa instruksi secara paralel tetapi prakteknya tidak ada komputer yang dibangun dengan arsitektur ini karena sistemnya tidak mudah dipahami. Hingga saat ini belum ada komputer yang menggunakan model MISD.



Gambar 11.3 Alur Kerja Multiple Instructions – Single Data

4. Multiple Instructions – Multiple Data (MIMD)

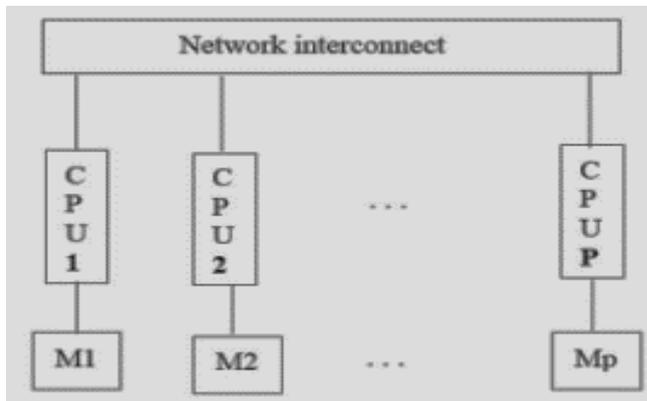
Arsitektur jenis Multiple Instructions–Multiple Data (MIMD) ini Komputer memiliki banyak prosesor dan mengeksekusi banyak intruksi secara paralel. Jenis komputer ini yang paling sering digunakan untuk membangun komputer paralel, bahkan supercomputer banyak yang menggunakan arsitektur ini. Contoh beberapa komputer yang menggunakan model MIMD adalah IBM POWER5, HP/Compaq AlphaServer, Intel IA32, AMD Opteron, Cray XT3, dan IBM BG/L.



Gambar 11.4 Alur Kerja Multiple Instructions – Multiple Data

5. Singel Program – Multiple Data (SPMD)

Arsitektur jenis Singel Program – Multiple Data (SPMD) ini prinsip programnya didasarkan pada satu program dengan banyak data, dan program yang sama dijalankan dengan data yang berbeda. Radios Starter Melakukan Dekomposisi domian. Setelah itu selama fase inisialisasi, Radios Starter mengirimkan data ke prosessor yang berbeda. Setiap program akan dijalankan pada setiap subdomain.



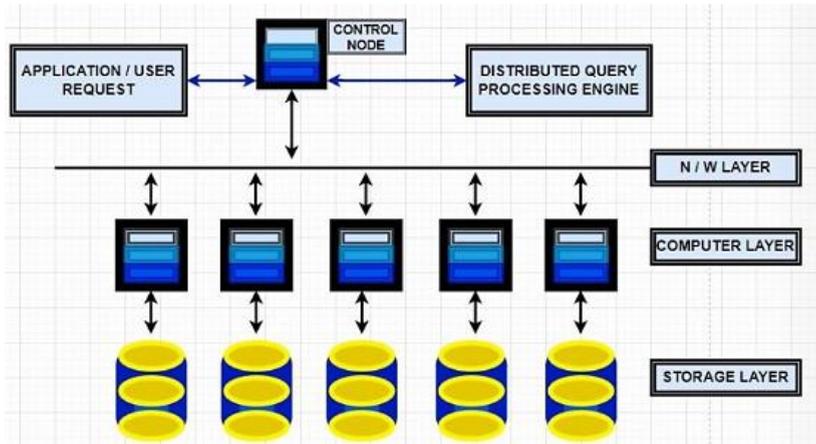
Gambar 11.5 Alur Kerja Singel Program – Multiple Data

## 6. Massively Parallel Processing (MPP)

Arsitektur jenis Massively Parallel Processing (MPP) ini memproses programnya yang terkoordinasi oleh banyak prosesor yang bekerja pada bagian program yang berbeda, masing-masing prosesor menggunakan sistem operasi serta memorinya sendiri. Prosesor Massively Parallel Processing biasanya berkomunikasi dengan beberapa antarmuka perpesanan. Beberapa pelaksanaan memungkinkan sampai 200 atau lebih prosesor dapat untuk bekerja pada aplikasi yang sama.

Pengaturan jalur data “interkoneksi” memungkinkan pesan dikirim antar prosesor. Untuk Massively Parallel Processing (MPP) biasanya lebih rumit, dimana memerlukan pemikiran bagaimana cara mempartisi database diseluruh prosesor serta mendistribusikan pekerjaan diseluruh prosesor. Sistem Massively Parallel Processing (MPP) juga disebut sebagai sistem “berpasangan longgar” atau “tidak berbagi apapun”.

Sistem Massively Parallel Processing (MPP) dianggap lebih baik dari sistem Parallel Simetris (SMP) untuk aplikasi yang memungkinkan pencarian beberapa database secara parallel. Termasuk sistem pendukung keputusan dan aplikasi data warehousing.



Gambar 11.6 Alur Kerja Massively Parallel Processing

### C. Komponen Utama Dalam Sistem Paralel

Berdasarkan cara kerja memorinya sistem komputer paralel dibedakan menjadi shared memory dan Distributed memory. Shared memory yaitu memory tunggal yang diakses oleh satu atau beberapa processor untuk menjalankan intruksi, sedangkan Distributed memory merupakan setiap processor memiliki memori sendiri dalam menjalankan intruksi.

Komponen utama dalam sistem parallel cluster PC yaitu sebagai berikut ;

1. Processor (CPU)

Merupakan bagian yang paling penting dalam suatu sistem, pada multicore terdapat beberapa core yang mengakses memori (shared memory).

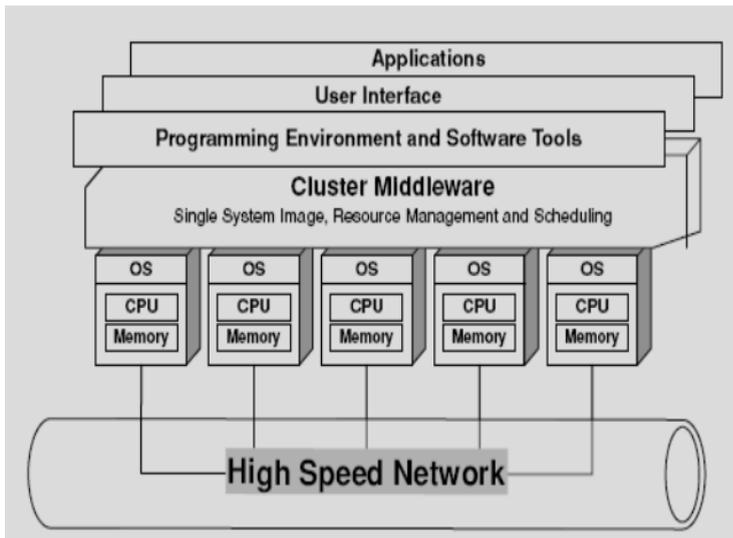
2. Memory

Pada bagian memory ini, dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian seperti RAM, Cache Memory dan memory eksternal.

3. Sistem Operasi

Merupakan software dasar yang digunakan untuk mengoperasikan sistem komputer. Sistem operasi paralel harus mendukung multitasking dan multithreading .

4. **Middleware Klaster**  
Merupakan antarmuka antara perangkat keras dengan perangkat lunak.
5. **Programming Environment dan Software Tools**  
Merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman parallel termasuk perangkat lunak pendukungnya.
6. **User Interface**  
Merupakan perangkat lunak yang menjadi penghubung antara perangkat keras dengan pengguna.
7. **Aplikasi**  
Merupakan sebuah perangkat lunak yang berisi program permasalahan yang akan diselesaikan.
8. **Jaringan**  
Merupakan penghubung antara satu PC (Processor) ke PC lain yang memungkinkan penggunaan sumberdaya secara simultan.



Gambar 11.7 Arsitektur Cluster Komputer

## D. Sistem Kerja Parallel Processing

Parallel Processing memecahkan masalah dengan cara membagi beban kerja kemudian mendistribusikannya kepada komputer lain yang ada didalam sistem. Sistem yang akan dibangun menggunakan tidak menggunakan komputer yang diciptkan secara khusus untuk kegunaan pemrosesan parallel tetapi menggunakan komputer yang sudah ada. Dalam artian sistem ini akan terdiri dari serangkaian komputer spesifikasi yang berbeda dan akan bekerjasama untuk menyelesaikan suatu masalah.

Adapun jenis-jenis dari parallelisme yaitu sebagai berikut ;

### 1. Result Parallelisme

Merupakan jenis parallelisme yang komputasinya dapat dibagi menjadi beberapa tugas independent dengan struktur yang sama.

### 2. Speciallist Parallelisme

Adapun cara kerja dari Speciallist Parallelisme yaitu dengan mengerjakan banyak tugas secara bersamaan pada prosessor yang berbeda.

### 3. Agenda Parallelisme

Pada jenis parallelisme ini mempunyai daftar mengenai hal-hal harus dikerjakan oleh sistem komputer. Semua komputer yang ada di sistem dapat mengakses daftar tersebut.

Pada Model Manajer Worker (MK) memiliki 2 kelompok komputer yaitu sebagai berikut ;

### 1. Manajer

Merupakan yang bertanggungjawab untuk memulai perhitungan, memonitor kemajuan tugas, serta melayani permintaan worker. Pengguna berkomunikasi dengan sistem komputer melalui komputer yang berperan sebagai pengelola.

### 2. Worker

Merupakan yang mengerjakan tugas yang diberikan oleh manajer. Kerja komputer ini akan dimulai jika ada perintah dari manajer serta juga diakhiri oleh perintah manajer.

## **E. Model Pemrograman Paralel**

Model pemrograman paralel merupakan pendekatan yang digunakan untuk menulis program dengan memanfaatkan eksekusi paralel. Adapun tujuan utama dari model Pemrograman Paralle adalah untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi dengan menjalankan beberapa operasi secara bersamaan.

Adapun beberapa model pemrograman paralle yaitu sebagai berikut ;

### **1. Pemrograman berdasarkan data (Data Parallelisme)**

Merupakan Parallelisme data yang mengarah pada skenario saat operasi yang sama dilakukan secara bersamaan (secara parallel). Didalam Operasi parallel data, pengumpulan sumber dipartisi sehingga beberapa rangkaian bisa beroperasi dalam segmen yang berbeda secara bersamaan.

Parallelisme data sangat bermanfaat didalam teknik pengembangan komputasi algoritma parallel karena memungkinkan pemrosesan data dilakukan secara srimultan oleh beberapa prosessor atau node di dalam sistem parallel.

### **2. Pemrograman berdasarkan Fungsi (Task Parallelisme)**

Adapaun tujuan dari Task Parallelisme yaitu untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya komputasi dengan mempercepat pelaksanaan tugas dan memungkinkan beberapa fungsi dijalankan secara bersamaan. Ini sangat berguna untuk situasi jika banyak tugas yang akan diselesaikan dalam waktu yang singkat.

### **3. Pemrograman Hibrida**

Pemrograman Hibrida merupakan pendekatan dalam komputasi paralel yang menggabungkan banyak model pemrograman paralel untuk memaksimalkan kinerja agar efisiensi. Pendekatan ini sering digunakan dalam aplikasi yang kompleks di mana satu model pemrograman paralel tidak cukup untuk memenuhi semua kebutuhan kinerja.

Adapun tujuan dan manfaat dari pemrograman hibrida yaitu sebagai berikut :

- Optimalisasi Kinerja : Menggabungkan kekuatan berbagai model pemrograman paralel untuk mengoptimalkan kinerja pada berbagai level komputasi.
- Fleksibilitas : Memberikan fleksibilitas dalam pemrograman untuk menyesuaikan dengan arsitektur perangkat keras yang berbeda.
- Pemanfaatan Sumber Daya yang Efisien : Memungkinkan pemanfaatan efisien dari berbagai sumber daya komputasi yang tersedia, seperti CPU, GPU, dan memori.

## **F. Komputasi Paralel**

Komputasi Paralel merupakan salah satu teknik dengan menggunakan beberapa komputer independent saat melakukan perhitungan secara bersamaan. Biasanya dibutuhkan ketika kapasitas yang dibutuhkan sangat besar (di industri keuangan, bioinformatika, dll) atau karena tuntutan proses komputasi yang banyak. Kasus kedua yaitu yang sering terjadi dalam bidang seperti fisika (fisika komputasi), dan kimia (kimia komputasi) saat melakukan perhitungan numerik dalam menyelesaikan persamaan matematika. Adapun yang dibutuhkan oleh komputasi paralel yaitu ;

- Algoritma
- Bahasa pemrograman
- Compiler

Teknologi komputasi paralel telah berkembang lebih dari 20 tahun. Dimana penggunaannya beragam dimulai dari kebutuhan komputasi laboratorium fisika nuklir sampai dengan simulasi pesawat ruang angkasa, hingga perkiraan cuaca.

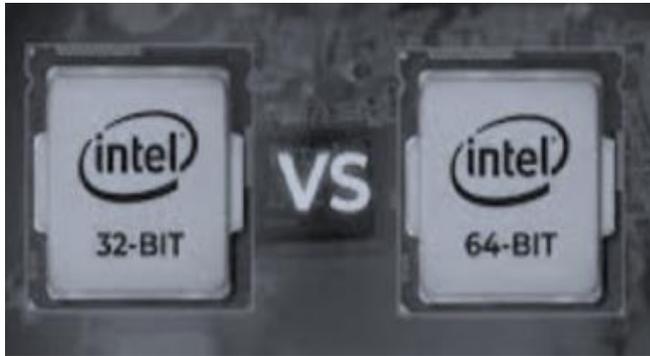
Komputasi paralel dapat diartikan sebagai penggunaan simultan dari kumpulan sumber daya komputer yang digunakan untuk memecahkan masalah. Pada dasarnya komputasi paralel membagi suatu masalah menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, sehingga memungkinkan untuk setiap prosessor (CPU) bisa bekerja pada waktu yang bersamaan. Prinsip inilah

yang disebut dengan parallelisme, dimana paralellisme dalam komputasi parallel dapat diartikan sebagai sesuatu yang diciptakan dan di eksploitasi.

Perkembangan implementasi parallelisme pada prosessor dari tahun ke tahun yaitu sebagai berikut ;

#### 1. Parallelisme bit-level

Parallelisme pada tingkat bit-level ini merupakan suatu bentuk komputasi parallel yang didasarkan pada peningkatan ukuran kata prosessor. Jika dilakukan penambahan ukuran kata maka akan mengalami pengurangan jumlah intruksi yang harus dijalankan prosessor untuk melakukan operasi pada variabel yang ukurannya lebih besar dari panjang kata. Contohnya yaitu prosessor 32 bit dengan 64 bit:



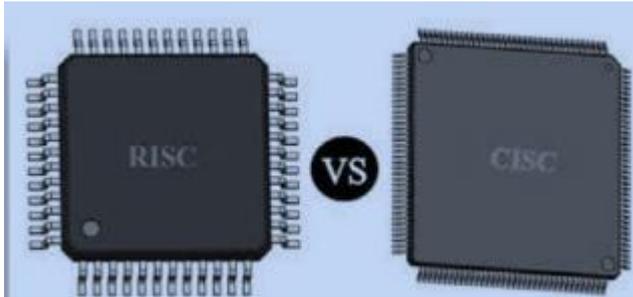
Gambar 11.8 Prosessor 32 bit dan prosessor 64 bit

Sistem operasi 32 bit dan 64 bit mengarah kepada jenis arsitektur yang digunakan komputer untuk memproses data. Pada Komputer yang hanya menggunakan sistem operasi 32 bit maka hanya dapat memproses data dalam jumlah terbatas, yaitu berkisar antara 4GB RAM. Sedangkan pada komputer yang menggunakan sistem operasi 64 bit, dapat memproses data dalam jumlah yang lebih besar yaitu lebih dari 4 GB.

#### 2. Paralellisme instruction set-level

Paralellisme Tingkat Set Intruksi (ILP) ini merupakan pelaksanaan sekumpulan intruksi di dalam suatu program komputer secara parallel atau

secara bersamaan. Lebih rincinya lagi Paralellisme Tingkat Set Intruksi (ILP) lebih mengarah pada jumlah rata-rata intruksi yang dieksekusi per langkah eksekusi paralel ini. Contohnya CISC dan RISC.

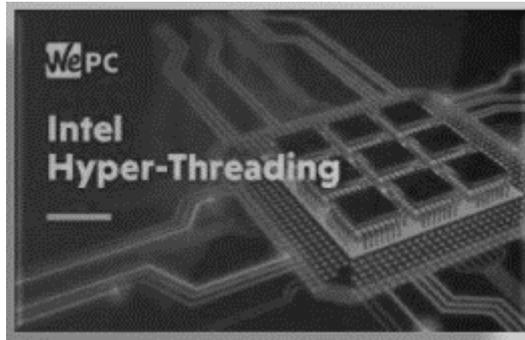


Gambar 11.9 CISC dan RISC

CISC (Complex Struction Set Computer) merupakan suatu prosessor yang mempunyai set intruksi yang komplek atau lengkap. Sedangkan RISC (Reduced Struct Set Computer ) merupakan prosessor yang mempunyai kumpulan intruksi program yang lebih kecil.

### 3. Paralellisme Thread - level

Paralellisme Tingkat Thread (TLP) merupakan Paralellisme bawaan dari aplikasi yang menjalankan banyak Thread secara bersamaan. Tipe parallelisme ini banyak ditemukan pada aplikasi yang ditulis untuk server komersiar seperi database. Jika menjalankan beberapa thread secara bersamaan, aplikasi ini mampu mentoleransi tingginya jumlah I/O serta latensi sistem memory yang disebabkan oleh beban kerja mereka sementara satu thread tertunda dengan menunggu akses memori atau disk, thread yang lain dapat melakukan pekerjaan yang berguna, contohnya seperti Intel hyper-Threading.



Gambar 11.10 Intel Hyper-Threading

Intel Hyper-Threading merupakan inovasi Hardware yang memungkinkan lebih dari satu thread untuk dijalankan pada setiap inti. Jika lebih banyak thread maka lebih banyak pekerjaan yang dapat dilakukan secara paralel. Dengan begitu Hyper-Threading membantu prosessor intel meningkatkan efisiensi dalam menjalankan tugas-tugas multitasking, dimana seringkali ditemukan dalam komputasi sehari-hari, misalnya menjalankan aplikasi, menjelajah web, dan bermain game.



# Daftar Pustaka

- Adams, C. W. (1987). A batch-processing operating system for the Whirlwind I computer. *Managing Requirements Knowledge, International Workshop On*, 785. <https://doi.org/10.1109/AFIPS.1987.1>
- Aditya Abdi, F., Hamdi Faisal, F., Azzaria Siregar, F., & Sintiya, A. (2024). Analisis Perkembangan Dan Klasifikasi Komputer Dari Awal Konsep Hingga Era Modern. *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, 2(1). <https://jurnal.intekom.id/index.php/njms>
- Agapito, G., Calabrese, B., Guzzi, P. H., Fragomeni, G., Tradigo, G., Veltri, P., & Cannataro, M. (2017). Parallel and Cloud-Based Analysis of Omics Data: Modelling and Simulation in Medicine. *2017 25th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP)*, 519–526. <https://doi.org/10.1109/PDP.2017.68>
- Aji, S. (2014). Implementasi Transformasi Wavelet Diskret Haar pada FPGA Xilinx Spartan-3E. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 3(4), 273–280.
- AL Hwaitat, A.K. et al. (2018) ‘Computer Hardware Components Ontology’, *Modern Applied Science*, 12(3), p. 35. Available at: <https://doi.org/10.5539/mas.v12n3p35>.
- Arie S.M, & Lumenta. (2013). Organisasi Cache Memory. *Teknik Elektro Dan Komputer*, 1–5.
- Arifin, M. N. (2020). Pengantar Arsitektur Komputer. Andi Publisher.
- Ashenden, Peter J., (2008). Digital design: an embedded systems approach using Verilog, Burlington: Elsevier Inc.
- Ashenden, Peter J., (2018). Digital Design: An Embedded Systems Approach Using VHDL, Boston, MA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Bagus. (2021). Bilangan Floating Point. <https://www.anbidev.com/floating-point-754/>
- Barillaud, F., Deri, L., & Feridun, M. (1997). Network Management using Internet Technologies. In A. A. Lazar, R. Saracco, & R. Stadler (Eds.), *Integrated Network Management V: Integrated management in a virtual world Proceedings of the Fifth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management San Diego, California, U.S.A., May 12--16, 1997* (pp. 61–70). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-35180-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-35180-3_5)

- Behrouz A. Forouzan Fegan. (2012). Data communications and networking 5th Edition. In McGraw-Hill Forouzan Networking Series.
- Bell and A. Newell, (2011). Computer Structures: Readings and Examples, New York: McGraw-Hill.
- Bishop, M. (2013). Computer Security - Art and Science - Second Edition. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9).
- Buchanan, W. (2023). Advanced Data Communications and Networks. In Advanced Data Communications and Networks. doi: 10.1201/9781003420415
- Bullync, M. (2018). *What Is an Operating System? A Historical Investigation (1954–1964) BT - Reflections on Programming Systems: Historical and Philosophical Aspects* (L. De Mol & G. Primiero (eds.); pp. 49–79). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-97226-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97226-8_3)
- Cache Memory. (2006). *Computer Science and Communications Dictionary*, 160–160. [https://doi.org/10.1007/1-4020-0613-6\\_2036](https://doi.org/10.1007/1-4020-0613-6_2036)
- Cahyaningrum, Y., Rinov Cuhanazriansyah, M. and Labib<sup>3</sup>, M. (2023) ‘Pembangunan Inovasi Media Pembelajaran E-Learning Berbasis Moodle pada Mata Kuliah Arsitektur dan Organisasi Komputer’, in, pp. 248–253.
- Cipto, Muhammad. (2023). Organization Parallel Processing Parallel. Fakultas ilmu komputer Universitas Kuningan.
- Clymer, A. Ben. (1993). The Mechanical Analog Computers of Hannibal Ford and William Newell. *IEEE Annals of the History of Computing*, 15(2), 19–34. <https://doi.org/10.1109/85.207741>
- Coronado, A. S. (2013). Computer Security: Principles and Practice, Second Edition. *Journal of Information Privacy and Security*, 9(2). doi: 10.1080/15536548.2013.10845680
- Crama, Y., & Hammer, P. L. (2011). Boolean functions: Theory, algorithms, and applications. Cambridge University Press.
- Cukor, P., & McKnight, L. W. (2005). Knowledge Networks, the Internet, and Development. *SSRN Electronic Journal*, October. <https://doi.org/10.2139/ssrn.290133>
- Cusick, T. W., & Stanica, P. (2017). Cryptographic Boolean functions and applications. Academic Press.
- Dandamudi, S. (2011). Cache Memory. *SpringerReference*. [https://doi.org/10.1007/springerreference\\_9440](https://doi.org/10.1007/springerreference_9440)
- Darmawan, A. (2019). Sistem Komputer: Arsitektur dan Organisasi. Graha Ilmu.
- Daulay, M. S. (2017). Mengenal Hardware-Software dan Pengelolaan

- Instalasi Komputer. In Yogyakarta: Andi.
- David, L. (2016). *Modern Computer Architecture and Organization*. Packt Publishing.
- Electronic Industries Association, (2014). *Standard Data Transfer Format between Data Preparation System and Programmable Logic Device Programmer*, Washington DC: JEDEC Standard JESD3-C.
- Englander, I. (2014) *The Architecture of Computer Hardware, Systems Software & Networking*. Edited by B.L. Golub. Danvers: John Wiley & Sons, Inc.
- Faisal (2015) *ORGANISASI & ARSITEKTUR KOMPUTER*.
- Fardiansyah. (2005). *Pemrosesan Paralel*. Seri Diktat Kuliah Universitas Malikussaleh.
- Fihn, M., & Phares, R. (2016). Introduction to touchscreen technologies. In *Handbook of Visual Display Technology*. doi: 10.1007/978-3-319-14346-0\_63
- Fitriaty Pangerang, S. T., Ir Daniel Kambuno, M. T., Zainal Abidin, S. T., Ir Christian Lumembang, M. T., Ir Kifaya, M. T., & Dharma Aryani, S. T. (2023). *Rangkaian Logika*. Nas Media Pustaka.
- Gelsinger, P. P. (2001). Microprocessors for the new millennium: Challenges, opportunities, and new frontiers. *2001 IEEE International Solid-State Circuits Conference. Digest of Technical Papers. ISSCC (Cat. No.01CH37177)*, 22–25. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:23130525>
- Goldberg, D. (1991). What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic. *Numerical Computation Guide*. [https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/806-3568/ncg\\_goldberg.html](https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/806-3568/ncg_goldberg.html)
- goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). *Computer Networking - A Top Down Approach*, 7th, converted. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Grama, A., Gupta, A., Karypis, G., & Kumar, V. (2003). *Introduction to Parallel Computing* (2nd ed.). Addison-Wesley.
- Hamacher, V. C., Vranesic, Z. G., & Zaky, S. G. (2012). *Computer Organization* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hamacher, V. C., Vranesic, Z. G., & Zaky, S. G. (2012). *Computer Organization* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hamacher, V.Z.M. (2012) *Computerization And Embedded Systems*, Hamacher, Vranesic, Zaky, Manjikian, 6Ed, Mgh, 2012. 6th edn. Edited by Marty Lange. New York: Mc Graw Hill.
- Harris, D. M., & Harris, S. L. (2012). *Digital Design and Computer Architecture* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- Hasan, I., & Buditjahjanto, I. (2017). *Pengembangan media pembelajaran*

- menggunakan multimedia interaktif Lectora Inspire pada kompetensi dasar menerapkan macam-macam gerbang dasar rangkaian logika mata pelajaran teknik elektronika dasar di SMK Negeri 2 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 6(3), 219–223.
- Hennessy, J. L., & Patterson, D. A. (2019). *Computer Architecture: A Quantitative Approach* (6th ed.). Morgan Kaufmann.
- Hidayat, R. (2018). *Arsitektur dan Organisasi Komputer: Konsep dan Implementasi*. Penerbit Informatika.
- Hidayat, R. (2018). *Arsitektur dan Organisasi Komputer: Konsep dan Implementasi*. Penerbit Informatika.
- Ilkka, T. (2002). *The Lives and the Death of Moor's Law*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:159755568>
- Im, S. H., & Taghert, P. H. (2010). Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, 3rd Edition Solutions to Review Questions and Problems. *The Journal of Comparative Neurology*, 518(11).
- Indrayani, L. (2017). *Komputer dan Arsitekturnya*. Mitra Wacana Media.
- Indrayani, L. (2017). *Komputer dan Arsitekturnya*. Mitra Wacana Media.
- Kahn, J., Kalai, G., & Linal, N. (1989). The influence of variables on Boolean functions. Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences.
- Kai Hwang, *Advanced Computer Architecture: Parallelism, Scalability, Programmability*. McGrawHill, 1993
- Keuka, G.T.U. of C.J.D.-H.C. (2014) *Computing handbook: computer science and software engineering*, Choice Reviews Online. Edited by A. Tucker and B. College. Broken Sound Parkway NW: CRC Press. Available at: <https://doi.org/10.5860/choice.186246>.
- Kurose, J, & Keith, W. (2007). *K. Ross Computer networking: a top down approach*. In Pearson ©2012.
- Kurose, James, & Ross, K. (2021). *Computer networking: A top-down approach, global edition*. In Pearson Education.
- Kusuma, G. P. (2016). *Desain dan Arsitektur Komputer*. Gava Media.
- Kusuma, G. P. (2016). *Desain dan Arsitektur Komputer*. Gava Media.
- Lee, Y., Boche, H., & Kutyniok, G. (2023). *Computability of Optimizers*. <http://arxiv.org/abs/2301.06148>
- Mahfi, K., & Djurianto, W. (2018). Penerapan Floating Point Unit Sebagai Co - processor yang Diimplementasikan dengan Menggunakan FPGA. 1–6.
- Mano, M. Morris. (1993). *Computer System Architecture*, PrenticeHall International. Graha Ilmu.
- Maulana, R. A. (2021). *Dasar-Dasar Arsitektur Komputer*. Pustaka Setia.

- Mollah, M. B., Islam, K. R., & Islam, S. S. (2012). Next generation of computing through cloud computing technology. *2012 25th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2012.6334973>
- Morley, D., & Parker, C. S. (2017). Understanding Computers Today and Tomorrow comprehensive. In *Occupational health; a journal for occupational health nurses*.
- Moto-oka, & Stone. (1984). Fifth-Generation Computer Systems: A Japanese Project. *Computer*, 17(3), 6–13. <https://doi.org/10.1109/MC.1984.1659076>
- Muchlas, M. T. (2013). *Dasar-dasar rangkaian digital*. UAD PRESS.
- Murdocca, M. J., & Heuring, V. P. (2014). *Computer Architecture and Organization: An Integrated Approach*. Wiley.
- Murdocca, M. J., & Heuring, V. P. (2014). *Computer Architecture and Organization: An Integrated Approach*. Wiley.
- Nathan, A. J., & Scobell, A. (2012). *Computer Networking A Top-Down Approach (7th Edition)*. In *Foreign Affairs (Vol. 91, Issue 5)*.
- Nugroho, H. (2019). *Arsitektur Komputer dan Sistem Operasi*. Deepublish.
- Nuraini, R., Komalasari, R., Kurniawan, F. S., Rachmat, Z., Wahyuddin, S., Munawar, Z., Pasaribu, J. S., Putri, N. I., Akbar, N., & Firgia, L. (2023). *Organisasi Dan Arsitektur Komputer*. Global Eksekutif Teknologi.
- O'Donnell, R. (2014). *Analysis of boolean functions*. Cambridge University Press.
- Of, D., & Education, D. (1975). *BASICS OF COMPUTER-I*. Xxv.
- Olowu, T. O., Sundararajan, A., Moghaddami, M., Sarwat, A. I., Unigwe, O., Okekunle, D., Kiprakis, A., Latif, A., Gawlik, W., & Palensky, P. P. (2014). *Computer security: Art and science*. In *CIREN - Open Access Proceedings Journal (Vol. 2017, Issue July)*.
- P, S., & K, K. (2023). *Computer Security and Privacy: Principles and Practice*. In *Cutting-Edge Technologies in Innovations in Computer Science and Engineering*. doi: 10.59646/csebook4/004
- Padovano, R. (2021). *Critical Analysis of Parallel and Distributed Computing and Future Research Direction of Cloud Computing*. *Journal of Computing and Natural Science*, 1(4), 114–120. <https://doi.org/10.53759/181x/jcns202101017>
- Pal Chaudhuri, P. (2018). *Computer Organization and Design: From Hardware to Software*. CRC Press.
- Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2014). *In Praise of Computer Organization and Design : The Hardware / Software Interface , Fifth Edition*.

- Patterson, D. A., & Hennessey, J. L. (2021). *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface* (6th ed.). Morgan Kaufmann.
- Pedroni, Volnei A., (2004). *Circuit design with VHDL*, Massachusetts, Cambridge, London: MIT Press.
- Phares, R. (2016). Optical touchscreen technology. In *Handbook of Visual Display Technology*. doi: 10.1007/978-3-319-14346-0\_205
- Prasetyo, E. (2015). *Struktur dan Fungsi Komputer*. Penerbit Andi.
- Prasetyo, E. (2015). *Struktur dan Fungsi Komputer*. Penerbit Andi.
- Prayogo, P., & Fauzi, M. (2015). PENERAPAN LOGIKA BOOLEAN DALAM PROGRAM PERMINTAAN BARANG BERBASIS WEB. *Buana Matematika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 35–42.
- Quinn, M. J. (2004). *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*. McGraw-Hill.
- R. Airiau, J.-M. Bergé and V. Olive, (2014). *Circuit Synthesis with VHDL*, Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- R. Jain, (2018). *The Art of Computer System Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling*, New York: Wiley.
- Rak, G. (2024). Intel Hopes to Leapfrog Its Competitors: The chipmaker bets on new transistors, power-delivery tech, and a nascent foundry business. *IEEE Spectrum*, 61(01), 32–56. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2024.10380443>
- Rana, S. (2024). Delving into the Progress and Implications of Artificial Intelligence. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)* ISSN:3006-4023, 2(1), 30–35. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v2i1.44>
- Rashid, A. and Chaturvedi, A. (2019) ‘Cloud Computing Characteristics and Services A Brief Review’, *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 7(2), pp. 421–426. Available at: <https://doi.org/10.26438/ijcse/v7i2.421426>.
- Rashid, Z. N., Zebari, S. R. M., Sharif, K. H., & Jacksi, K. (2018). Distributed Cloud Computing and Distributed Parallel Computing: A Review. *2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, 167–172. <https://doi.org/10.1109/ICOASE.2018.8548937>
- Reitwiesner, G. W. (1997). The first operating system for the EDVAC. *IEEE Annals of the History of Computing*, 19(1), 55–59. <https://doi.org/10.1109/85.560738>
- Sanglard, F. (2017). *FLOATING POINT VISUALLY EXPLAINED*. Fabien Sanglard’s Website.

- [https://fabiensanglard.net/floating\\_point\\_visually\\_explained/](https://fabiensanglard.net/floating_point_visually_explained/)
- Sarangi, S.R. (2021) 'Basic Computer Architecture Version 2.1'.
- Saranya, D. K. G. (2021). *A Comprehensive Survey on Artificial Intelligence and Machine Learning Techniques*.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:246012697>
- Sari, D. P. (2022). Komputer: Arsitektur dan Organisasi. Graha Ilmu.
- Sari, D. P. (2022). Komputer: Arsitektur dan Organisasi. Graha Ilmu.
- Sari, I. F., Sari, N., Novitasari, O., Amara, R., Subaedi, A. N., & Antarnusa, G. (2020). Gerbang Logika Kombinasional dan Komparator. PROSIDING SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA UNTIRTA, 3(1).
- Siau, K. L., & Wang, W. (2020). Artificial Intelligence (AI) Ethics: Ethics of AI and Ethical AI. *J. Database Manag.*, 31, 74–87.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214001478>
- Siewiorek, D. P., Bell, G., & Newell, A. (1983). *Computer Structures: Principles and Examples*.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266334249>
- SRIANI (2020) *ARSITEKTUR DAN ORGANISASI KOMPUTER*. 2nd edn. Medan.
- Stalling, William. (1998). Organisasi dan Arsitektur Komputer. PT Prenhallindo, Jakarta.
- Stallings, W. (2016) *Computer organization and Architecture Designing for Performance tenth edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Stallings, W. (2016). *Computer organization and Architecture Designing for Performance tenth edition*. Pearson Prentice Hall.
- Stallings, W. (2019). *Computer Organization and Architecture: Designing for Performance (11th ed.)*. Pearson.
- Stallings, W. (2019). *Computer Organization and Architecture: Designing for Performance (11th ed.)*. Pearson.
- Stallings, W., & Brown, L. (2010). Computer Security Principles and Practices. In *Geography bulletin* (Vol. 42, Issue 2).
- Steiglitz, K. (2019). Analog Computers. *The Discrete Charm of the Machine*, 107–131. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77c2g.11>
- Stokes, J. (2020). *Inside the Machine: An Illustrated Introduction to Microprocessors and Computer Architecture (2nd ed.)*. No Starch Press.
- Sulianta, F. (2005). *Cache Memory – Penyangga Minimum Dengan Kemampuan Maksimum*. 4(2), 74–81.
- Tallings, & Stallings, W. (2012). Syllabus Suggestions Computer Organization and Architecture. In *Review Literature And Arts Of The Americas*.
- Tanenbaum, A. S., & Austin, T. (2012). *Structured Computer*

- Organization (6th ed.). Pearson.
- TANENBAUM, A. S., & WETHERALL, D. J. (2011). *COMPUTER NETWORKS* (FIFTH EDIT). Prentice Hall.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2013). *Computer Networks: Pearson New International Edition*. In Pearson custom library.
- TANENBAUM, A.S. and WETHERALL, D.J. (2011) *COMPUTER NETWORKS. FIFTH EDIT*. Boston: Prentice Hall.
- Treleaven, P. C., & Lima, I. G. (1982). Fifth generation computers. *Computer Physics Communications*, 26(3), 277–283. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0010-4655\(82\)90117-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0010-4655(82)90117-5)
- Valkenburg, M. E. Van, & Middleton, W. M. (2001). Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computers and Communications. In *Reference Data for Engineers*.
- Van Niekerk, F. (2020). Reformation and scientific revolution: Historical coincidence or continual renewal? *In Die Skriflig / In Luce Verbi*, 54(2). <https://doi.org/10.4102/ids.v54i2.2538>
- Widiyawati. (2022). *Konsep Dasar Rekayasa Perangkat Lunak*. In *Rekayasa Perangkat Lunak*.
- Wijaya, I. (2021). *Komputer dan Sistem Informasi: Arsitektur dan Desain*. Andi Publisher.
- Wijaya, I. (2021). *Komputer dan Sistem Informasi: Arsitektur dan Desain*. Andi Publisher.
- Wijayanti, R. R., S ST, M., Anwar, C., Kom, S., Indra, S., Kom, M., Muzaki, S., Linarta, A., Kom, M., & Alim Hardiansyah, S. T. (2023). *ARSITEKTUR DAN ORGANISASI KOMPUTER*. CV Rey Media Grafika.
- William, S. (2011). Data and Computer Communications 10th Edition. In *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Issue 8).
- Yadin, A. (2020) ‘■ Central Processing Unit’, *Computer Systems Architecture*, 9(8), pp. 119–206. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781315373287-10>.

# BIOGRAFI PENULIS

## **I Wayan Karang Utama**



Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Program Studi Sistem Informasi Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali dan sedang mengembangkan minat dalam ilmu pendidikan khususnya teknologi pembelajaran, penulis bisa dihubungi lewat email : karangutama37@gmail.com.

## **Zumhur Alamin, M. Kom.**



lahir di Sumbawa Besar pada 24 Februari 1987. Merupakan anak kedua dari enam bersaudara dari pasangan Ir. Zainuddin H. Hamzah dan Nurjanah, S. Sos, S. Pd. Minatnya dalam ilmu komputer dimulai pada tahun 2005 setelah lulus SMA, mendorongnya untuk melanjutkan pendidikan di Universitas Muhammadiyah Malang. Meraih gelar sarjana dalam bidang Teknik Informatika pada tahun 2009, kemudian melanjutkan studi magister di Universitas Budi Luhur Jakarta pada awal tahun 2014 dan berhasil menyelesaikannya pada akhir tahun 2015.

Pernah menjadi programmer pada lembaga infokom Universitas Muhammadiyah Malang mulai tahun 2010 sampai akhir 2013. Kesadaran akan pentingnya pendidikan sebagai sarana untuk memberikan dampak positif pada masyarakat mendorongnya untuk berbagi pengetahuan dan inspirasi dengan generasi muda sebagai pengajar di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Bima sejak tahun 2022.

Sebagai pengajar, mengampu beberapa mata kuliah dengan minat khusus dalam bidang Software Engineering dan Data Science. Selain itu,

aktif dalam kegiatan menulis dengan harapan memberikan manfaat yang lebih luas kepada masyarakat dan negara.

Email: zumhur.alamin@gmail.com

### **Fathir, M. Kom.**



Penulis memulai perjalanan akademisnya dengan mendapat gelar Sarjana (S1) di Universitas Muhammadiyah Malang, Fakultas Teknik dan jurusan Teknik Informatika pada tahun 2020. Setelah berhasil menyelesaikan pendidikan S1, penulis langsung melanjutkan studinya ke jenjang Magister (S2) di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, di Fakultas Sains dan Teknologi dengan fokus pada bidang Data Science pada tahun 2023. Selama masa studi di perguruan tinggi, penulis mulai menunjukkan minat dan ketertarikannya dalam menulis, menggunakan tulisannya sebagai sarana untuk membagikan pengetahuannya dan memberikan kontribusi positif pada dunia ilmu komputer. Penulis tidak hanya terpaku pada dunia akademis, namun juga aktif mencoba mengekspresikan ide-ide dan pemahamannya melalui medium buku. Kini, sebagai salah satu dosen di program studi ilmu komputer di Universitas Muhammadiyah Bima (UM Bima).

Email Penulis: fathirumb@gmail.com

### **Januardi Rosyidi Lubis, M.Kom.**



Lahir di Air Bangis Sumatera Barat pada tanggal 14 Oktober 1987. Saat ini tinggal di Gunung Tua, Sumatera Utara. Saya meraih gelar S1 Teknik Komputer dari Universitas Putra Indonesia YPTK Padang pada tahun 2010, dan gelar S2 dikampus yang sama dengan Jurusan Teknik Informatika pada tahun 2014. Saat ini, bekerja sebagai dosen di Departemen Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Sains Padang Lawas Utara. Sejak bergabung dengan universitas ini pada tahun

2021, saya telah mengajar berbagai mata kuliah, termasuk Arsitektur Komputer, dan Sistem Digital. Selain mengajar, saya juga aktif dalam penelitian dengan fokus Teknologi Informasi dan Komunikasi.

**Erwan Darmawan, ST., MT.**



Lahir di Serang, 15 Juli 1976. Telah menikah dan berputera dua (Alesha Zaviera Azarine, dan Zalika Syareefa Putri). Menggeluti hal-hal yang berbau teknologi. Aktif dalam berbagai kegiatan Organisasi Profesi di Serang Banten.

Riwayat pekerjaan/profesi (10 tahun terakhir):

2022–kini : Dosen di Universitas Faletahan

2013–2022: Dosen di Universitas Banten

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

S-2: Teknik Elektro Universitas Mercubuana Mada (2010—2014)

S-1: Teknik Elektro (Universitas Jendral Achmad Yani(1994—2001)

**Riana Safitri, M.Kom.** (Dosen D3 Teknik Informatika STMIK Widya Utama)



Penulis lahir di Banyumas tanggal 29 Juli 1989. Penulis adalah dosen program studi D3 Teknik Informatika di STMIK Widya Utama, penulis penempuh pendidikan S1 di STMIK Widya Utama dengan prodi Teknik Informatika dan melanjutkan S2 di Universitas Dian Nuswantoro dengan program studi Ilmu Komputer, hingga saat ini penulis telah mengajar selam 4 tahun.

**Elvis Pawan, S.Kom., M.Kom.**



Lahir di Sumarorong pada Tanggal 9 November 1988. Lulus S1 diprogram Teknik Informatika pada tahun 2011, lulus S2 Teknik Informatika di Pascasarjana Universitas Amikom Yogyakarta pada Tahun 2019. Sejak tahun 2019 sampai saat ini Aktif sebagai dosen, Penulis juga Sebagai Asesor BAN PDM Periode 2021–2025. Penulis aktif dalam beberapa penelitian yang ditulis dalam jurnal ilmiah khususnya dibidang ilmu komputer.

Scopus ID : 57213688015

Orcid : <https://orcid.org/0000-0003-4257-6000>

**Nuniek Fahriani**

saat ini mengajar sebagai dosen di Fakultas Teknik Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Surabaya. Lulus S1 Teknik Informatika Universitas Trunojoyo Madura. Lulus S2 Teknik Informatika ITS Surabaya.

**Feri Irawan, M.Kom.**



Lahir di Kinali Sumatera Barat pada tanggal 17 September 1996. Saat ini tinggal di Gunung Tua, Sumatera Utara. Saya meraih gelar S1 Sistem Informasi dari Universitas Putra Indonesia YPTK Padang pada tahun 2019, dan gelar S2 dikampus yang sama dengan Jurusan Teknik Informatika pada tahun 2021. Saat ini, bekerja sebagai dosen di Departemen Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Sains Padang Lawas Utara. Sejak bergabung dengan universitas ini pada tahun 2021, saya telah mengajar berbagai mata kuliah, termasuk Arsitektur Komputer, dan Jaringan Komputer. Selain mengajar, saya juga aktif dalam penelitian dengan fokus sistem pakar.

## **Perra Budiarti Rahayu Putri, M.Kom**



Lahir di Lubuk Batu Sumatera Barat pada tanggal 24 Februari 1997. Terlahir sebagai anak kampung dari pasangan Bapak Alm. Aliusman dan Ibu Elmawati. Pada tahun 2018 Saya meraih gelar S1 di Universitas Putra Indonesia YPTK Padang pada Program Studi Sistem Informasi dan pada tahun 2020 mendapatkan gelar S2 di kampus yang sama pada program studi Teknik Informatika. Saat ini, bekerja sebagai dosen di Institut Teknologi dan Sains Padang Lawas Utara pada Program Studi Sistem Informasi terhitung pada tahun 2021. Selain mengajar, saya juga aktif dalam penelitian dengan fokus sistem pengambilan keputusan (SPK).

# ARSITEKTUR DAN ORGANISASI KOMPUTER

Modernisasi dan kemajuan teknologi, membuat komputer telah menjadi kebutuhan sehari-hari bahkan ketergantungan bagi umat manusia. Perkembangan teknologi komputer mengalami lompatan-lompatan yang memicu perkembangan teknologi informasi yang massif, setiap kemajuan yang terjadi jauh lebih unggul dan fungsional dibandingkan sebelumnya. Latar belakang mengapa komputer bisa berkembang sangat cepat dibandingkan dengan bidang ilmu teknologi yang lain terutama implikasi Teknologi Informasi di tempat kerja. Dalam buku ini, kami menulis materi ajar berkaitan dengan arsitektur dan organisasi komputer dengan tema (1) Perkembangan komputer digital, (2) Dasar-dasar Arsitektur dan Organisasi Komputer, (3) Representasi dan Implementasi Floating Point, (4) Aljabar Boolean dan Rangkaian Logika, (5) Rangkaian Kombinasional dan perbedaannya dengan rangkaian sekuensial (6) MIPS dan Instruksi-instruksinya, (7) Fungsi Komponen Internal CPU dan Sistem Operasi, (8) Cache Memory, (9) Internal Memory, (10) Input / Output, (11) Bus dan Perkembangannya, (12) Arsitektur Parallel.



Diterbitkan oleh PT. Penerbit Qriset Indonesia

Jl. Sirkandi, Desa Sirkandi, Purwareja Klampok, Banjarnegara  
0822-2065-7869  
Penerbit Qriset Indonesia  
www.qrisetindonesia.com  
admin@qrisetindonesia.com



**IKAPI**  
IKATAN PENERBIT INDONESIA  
Anggota IKAPI No. 269/JTE/2023

ISBN 978-623-89318-7-3

