

BAB

1

Evolusi Komputer

1.1 TINJAUAN UMUM

Fungsi utama dari komputer digital adalah memproses data input dan menghasilkan keluaran yang dapat digunakan pada lingkungan aplikasi tertentu. Peralatan fisik yang digunakan untuk menjalankan sistem komputer dan mengelola penyimpanan dan aliran data serta instruksi sepanjang jalur komunikasi internal merupakan sistem komponen **perangkat keras**. Pemrosesan perangkat keras yang diprogramkan untuk melakukan komputasi menurut serangkaian aturan, yang disebut **algoritma** (suatu urutan langkah yang logik) digunakan untuk memecahkan masalah tertentu. Algoritma ini diterjemahkan ke dalam **program** — suatu rangkaian instruksi — yang diikuti oleh perangkat keras dalam memecahkan masalah tersebut. Kumpulan program tersebut akan membentuk komponen sistem **perangkat lunak**.

Studi tentang perangkat lunak berkaitan dengan bahasa pemrograman, representasi data, pembuatan program yang efisien, evaluasi perangkat lunak, pengembangan kompilator. Sedangkan perangkat keras mencakup pemahaman tentang

organisasi komputer dan studi tentang komponen fisik yang digunakan untuk merancang sistem komputer. Perangkat keras dan perangkat lunak sebenarnya saling berhubungan, dan perangkat lunak tidak dapat dipahami secara penuh tanpa adanya pemahaman tentang perangkat keras, karena sebagian besar perangkat lunak bergantung pada perangkat keras.

Titik berat pembahasan dalam buku ini ditekankan pada perangkat keras. Di antara komponen (sumber daya) yang akan kita perhatikan pada tingkat organisasi fungsional adalah:

- Prosesor
- Pengendali input/output
- Unit memori
- Bus (jalur komunikasi, lalu lintas data)
- Register, adder, shifter, dan multiplier.
- Representasi data
- Pola pengalamatan
- Instruksi bahasa mesin
- Instruksi pengambilan, pengeksekusian, dan decoding

Istilah *arsitektur komputer* dan *organisasi komputer* sering digunakan secara bolak-balik pada tingkatan ini. Namun demikian bukan berarti sesuatu yang sama. **Arsitektur komputer** berhubungan dengan karakteristik komputer seperti yang terlihat oleh programmer. Sedangkan **organisasi komputer** berhubungan dengan sumber daya komputer secara fisik dan berkaitan dengan organisasinya, pengintegrasian ke dalam sistem fungsional, dan kontrol komunikasi dan aliran data di antara mereka.

Dalam buku ini, **komputer** dianggap sebagai suatu sistem yang mempunyai satu **processor** atau lebih yang mampu menerjemahkan dan menjalankan instruksi. Instruksi yang dijalankan, termasuk juga data yang dioperasikan, disimpan di dalam **memori**. Tatap muka antara prosesor dan memori dengan sumber daya data eksternal atau periferal perangkat keras seperti terminal dan printer, dikerjakan melalui subsistem **input/output (I/O)**. Komunikasi di antara berbagai unit, dilaksanakan dengan satu atau lebih sistem **bus**.

Prinsip utama dari organisasi komputer adalah mencakup struktur dan organisasi berbagai unit komputer dan tatap mukanya dengan subsistem yang lain. Para perancang komputer dalam membuat suatu keputusan selalu mempertimbangkan adanya bentuk di mana program akan ditunjukkan dan diinterpretasikan dengan

adanya komputer, metode dengan pengalamatan program atau nama data, dan representasi data. Keputusan semacam ini termasuk aspek ukuran media penyimpanan, tipe dan format data, serangkaian instruksi, pengalamatan penyimpanan dan perlindungan, dan pertimbangan I/O dan interface.

Perspektif Sejarah

Perancang sistem yang kompleks ini, seperti komputer, harus mempunyai pandangan global dari berbagai fungsi sistem dan harus mengenal adanya hubungan perangkat keras/perangkat lunak. Namun demikian, sebelum dimulai dengan deskripsi yang mendalam dari pembuatan blok yang digabungkan dengan proses perancangan, perspektif sejarah dari adanya evolusi ketentuan suatu hitungan. Kita akan memfokuskan pada beberapa periode sejarah dan melihat berbagai perbedaan bagian penghitungan yang dikembangkan selama periode ini. Kita akan menghitung kembali evolusinya dan dilanjutkan melalui penemuan yang dikulminasikan pada pengembangan komputer elektronik yang ada hingga sekarang ini.

1.2 KALKULATOR MEKANIK

Kira-kira 4000 Sebelum Masehi. Salah satu alat penghitung yang pertama kali dikenal adalah **abacus**. Abacus merupakan alat mekanik yang disusun atas lembaran tipis dari batu (dalam bahasa Yunani *abax*) dengan batu koral (dalam bahasa Yunani *calculi*) yang dikaitkan pada kawat. Posisi batu koral pada tiap kawat akan menentukan angka digit. Abacus (yang juga dikenal di China dengan nama *suan pan*, dan di Jepang dikenal dengan nama *soroban*) dapat digunakan untuk penambahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Di tangan orang-orang yang terampil, alat ini dapat menghitung secepat kalkulator modern.

1623. Mesin-mesin yang mampu secara otomatis melakukan empat operasi aritmatika dasar, pertama kali muncul di Eropa pada awal abad ketujuh belas. Mesin semacam ini telah dikembangkan dan dibuat pada tahun 1623 oleh Wilhelm Schickhard di University of Tubingen. Sekarang ini mesin Schickhard kurang dikenal.

1645. Blaise Pascal, filsuf dari Perancis, seorang ahli matematika dan ilmu-ilmu fisik, mengembangkan **kalkulator mekanik** yang nyata. Kalkulator ini

merupakan roda yang berputar yang menggunakan serangkaian delapan gir yang menghasilkan secara otomatis antara digit-digit untuk penambahan dan pengurangan angka desimal.

Pertengahan 1600-an. John Napier, seorang Scotlandia, menemukan konsep logaritma dan mengimplementasikannya pada tangkai gading, yang dikenal dengan nama **Napier's bones**, yang digunakan untuk melakukan perkalian dan pembagian melalui penambahan dan pengurangan yang berulang.

Sekitar 1650. Robert Bissaker mengembangkan hasil kerja Napier dengan logaritma dan menemukan **mistar hitung**, yang menggunakan potongan-potongan kayu yang dapat digeser.

1671-1694. Seorang ahli matematika Prussian yaitu Baron Gottfried Wilhelm von Leibniz mengembangkan mesin penambahan Pascal untuk melakukan perkalian dan pembagian dengan menambahkan gir.

1725. Basile Bouchon memperkenalkan alat tenun sutera yang sederhana. Pola sutera ini dikontrol oleh susunan lubang-lubang yang dipukulkan pada suatu gulungan kertas. Ketika kertas yang diberi kode ditekan dengan sederetan jarum, maka susunan yang berada pada baris atas dengan lubang-lubang akan tetap di tempat ketika yang lainnya berpindah. Aksi alat tenun ini, yang dikontrol oleh jarum-jarum yang terpilih, membentuk pola kain.

1728. Falcon, seorang penemu dari Perancis, merancang alat tenun yang menggunakan **punched cards** (kartu yang berlubang-lubang) untuk membuat berbagai variasi pola tenun secara otomatis. Teknik ini kemudian digunakan oleh sebuah mesin yang pertama kali berhasil mengoperasikan **punched cards**.

1741. Seorang pembuat jam, Jacques de Vaucanson telah membuat alat tenun otomatis. Polanya dibentuk oleh susunan lubang-lubang yang dipukulkan pada **metal drum**. Lubang-lubang tersebut mengontrol benang-benang pilihan dengan menaikkan dan menurunkan tapak-tapaknya.

1801. Salah satu hasil yang menarik dari revolusi industri adalah mesin tenun Jacquard. Joseph Maria Jacquard, seorang ahli tenun dari Perancis, pada tahun 1801 membuat alat tambahan pada alat tenun yang menghasilkan pola tenun secara otomatis. Ini merupakan satu langkah pengembangan maju dari **instruksi yang terprogram** sejak alat tenun dikontrol oleh serangkaian *punched*

cards. Kartu-kartu itu mempunyai lubang-lubang dan berfungsi seperti **program**, dengan menyediakan serangkaian instruksi yang terbaca oleh mesin ketika melewati beberapa susunan tangkai. Pada tahun 1812 lebih dari 11.000 mesin tenun Jacquard diproduksi di Perancis.

1821. Kemajuan besar berikutnya dihubungkan dengan penemu dari Inggris Charles Babbage. Penemuannya yang disebut **difference engine**, berfungsi untuk melakukan operasi penghitungan. Pada tahun 1854, seorang Swedia yang bernama Georg Scheutz mampu membuat versi kerja *defference engine* Babbage.

Sementara itu, Babbage mengembangkan suatu ide **mesin analitikal**, yang memiliki banyak kemiripan dengan komputer digital **stored-program** abad kedua puluh. Mesin tersebut dirancang dengan menggunakan dua macam kartu: yaitu **operating cards** yang menyatakan fungsi tertentu yang akan dilakukan, dan **variable cards** yang menyatakan data aktual. Mesin itu sendiri mempunyai media penyimpanan — suatu tempat di mana instruksi-instruksi dan variabel-variabel disimpan — dan **arithmetic unit** yang melakukan operasi. Instruksi-instruksi dan data dimasukkan ke dalam mesin tersebut dengan menggunakan *punched card* dan outputnya dihasilkan secara otomatis.

Suatu sejarah yang menarik dihubungkan secara tidak langsung dengan mesin analitik Babbage. Countes Augusta Ada Lovelace, putri Lord Bryon satu-satunya, telah mempelajari hasil kerja Babbage ketika mengunjungi London Mechanic Institute dan kemudian bekerja dengan Babbage dalam mengembangkan beberapa ide untuk mesin analitik. Dia menerjemahkan ke dalam bahasa Inggris hasil kerja Babbage, yang ditulis oleh seorang ahli matematika Perancis yaitu Menabrea pada tahun 1842, dan menuliskan program untuk alat itu, serta mempromosikan dirinya sebagai programer dunia yang pertama. Departemen Pertahanan Amerika baru-baru ini mengembangkan bahasa pemrograman yang dirancang khusus untuk aplikasi besar dan cocok untuk pengkodean program yang menggunakan **pendekatan terstruktur** (*structured approach*). Bahasa ini, yang disebut Ada, diberi nama menurut nama Countess Lovelace.

1822. Beberapa usaha dibuat untuk memperbaiki mesin yang ditemukan oleh Pascal dan Leibniz, tetapi teknik mesin yang ada tidak dapat menghasilkan yang ketelitian diminta. Mesin yang pertama kali melakukan operasi aritmatika dasar yang cocok untuk penggunaan komersial adalah **Arithmometer** yang dibuat oleh Charles Xavier Thoas pada tahun 1822. Hanya kira-kira 1600 mesin yang dibuat.

1850. Penemu D.D Parmalee telah mengembangkan mesin penambahan **key-driven** yang dapat menambahkan angka-angka dalam satu kolom. Tetapi mesin ini tidak dapat diandalkan sehingga tidak pernah diproduksi secara komersial.

1876. Seorang insinyur Amerika yang bernama George Grant mendemonstrasikan cara kerja mesin pembeda. Dia sebenarnya telah menjual sejumlah mesin ini, yang disebutnya dengan nama **rack-and-pinion calculator**.

1884. Seorang penjual buku bernama William Seward Burroughs telah menemukan mesin praktek komersial pertama dari **adding-listing machine**. Untuk membuat alat tersebut dia membentuk suatu perusahaan, yang kemudian dikenal dengan nama Burroughs Corporation (sekarang bagian dari Unisys).

1885 Dorr Eugene Felt telah membuat suatu eksperimen mesin penghitung **key-driven** yang menggunakan kotak makaroni dari kayu dengan kunci-kunci dari *meat skewers*, kunci tersebut terbuat dari staples, dan seikat karet yang digunakan untuk (pegas). Pada tahun 1887 Felt telah membentuk partner kerja dengan Rober Tarrant untuk membuat **Comptometer**. Mesin penghitung ini sangat berhasil sehingga tidak ada mesin lain yang menyainginya hingga tahun 1902.

1887. Leon Bollee dari Perancis telah merancang mesin pertama yang dapat melakukan perkalian secara langsung, bukan melalui penambahan yang berulang. Alat ini mempunyai beberapa lembar yang terdiri atas serangkaian plat tipis yang menunjukkan tabel perkalian biasa hingga angka 9. Di Switzerland dibuat sebuah mesin penghitung komersial populer yang menggunakan prinsip yang dikembangkan oleh Bollee, yang disebut dengan **Milliner**. Mesin ini hanya memerlukan satu kali putaran untuk menangani setiap perkalian dan mempunyai alat penggeser untuk menggeser ke posisi berikutnya.

Dr. Herman Hollerith, seorang ahli statistik dengan Bureau Amerika dari Cencus pada tahun 1887 mengembangkan suatu mesin tabulasi yang menggunakan konsep *punched-card*. Berdasarkan pada konsep **machine-readable card**, dia merancang suatu alat yang dikenal sebagai **cencus machine** (mesin sensus). Sensus yang diambil pada tahun 1880 membutuhkan waktu 7,5 tahun kalkulasi manual untuk tabulasi; waktu tabulasi dengan metode Hollerith lebih cepat, sehingga tekniknya diambil untuk sensus pada tahun 1890. Meskipun populasi telah berkembang dari 50 hingga 63 juta pada dekade setelah tahun 1880, perni-

tungan tahun 1890 dapat diselesaikan dalam waktu tidak kurang dari tiga tahun. Setelah sensus pada tahun 1890, Hollerith mengubah mesinnya untuk penggunaan komersial dan pada tahun 1896 mendirikan Tabulating Machine Company untuk memproduksi dan menjual penemuannya tersebut. Kemudian perusahaan tersebut bergabung dengan yang lain untuk membentuk perusahaan yang sekarang dikenal sebagai International Business Machine Corporation (IBM).

1910. James Power, seorang ahli toko mesin sensus Bureau, telah mengembangkan sistem *punched card* dengan 240 kunci. Kesuksesannya pada sensus tahun 1910 yang mendorong Power untuk membentuk Powers Tabulating Machine Company pada tahun 1911, kompetitor utama untuk beberapa tahun dari Hollerith Tabulating Machine Company. Melalui serangkaian penggabungan, perusahaan ini kemudian menjadi bagian dari organisasi Remington Rand, seperti Univac Division dari Sperry Rand Corporation. Sperry Corporation bergabung dengan Burroughs untuk membentuk Unisys dan nama Univac tidak lagi digunakan).

1934. Prototipe pertama **electronic computer**, dengan tabung vakum mengganti elektromagnet, telah ditemukan pada tahun 1934 oleh Dr. John Vincent Atanasoff di Iowa State University. Setelah menyimpulkan bahwa tidak ada satu pun dari sepuluh alat penghitung yang ada memenuhi kebutuhannya, Atanasoff memutuskan untuk membuat sendiri mesin tersebut. Dia bekerja sama dengan Clifford Berry, asistennya membuat komputer elektronik pertama. Komputer ini, disebut dengan **Atanasoff-Berry computer (ABC)**, selesai dibuat lima tahun kemudian.

Usaha Atanasoff untuk menarik perhatian IBM ataupun Remington Rand atas penemuannya dan untuk mendapatkan hak patennya ternyata gagal. Meskipun dia telah menyusun dan merancang komputer digital elektronik pertama, penemuannya telah diakui oleh yang lain dalam beberapa tahun. Pada tahun 1974 hakim federal menyatakan bahwa Atanasoff adalah penemu konsep cara kerja komputer digital elektronik. Dan sekarang disetujui bahwa rancangan ABC dan penggunaan elektronik pada komputer tersebut adalah dasar pengembangan komputer digital elektronik.

1937. Howard Aiken dari Harvard University bekerja dengan mesin penghitung otomatis yang disebut dengan Mark I, suatu mesin relay. Dengan bantuan murid yang telah lulus dan insinyur IBM, mesin otomatis Aiken selesai dibuat pada tahun 1944. Harvard Mark I mempunyai panjang 51 kaki dan tinggi 8 kaki, terdiri atas 760.000 bagian, menggunakan 500 mil kabel, dan mempunyai berat

sekitar 5 ton. Mesin tersebut menggunakan program untuk menuntun ke serangkaian kalkulasi. Mesin ini dapat menambahkan, mengalikan, membagi, dan menghitung fungsi trigonometri, dan melakukan kalkulasi kompleks yang lain. Penambahan dan pengurangan diseleksikan dalam waktu hanya 0,3 detik, sedangkan perkalian kurang dari 6 detik, dan pembagian waktu kurang dari 16 detik.

1938. Beberapa komputer elektromekanik yang menggunakan relay untuk tujuan perubahan tertentu telah dibuat pada Bell Telephone Laboratories, dimulai pada tahun 1938. **Special-purpose computers** ini pada awalnya didasarkan pada kerja Dr. George R Stibiltz. Yang pertama, disebut **complex calculator**, dikatakan sebagai komputer pertama untuk mengerjakan komponen **binary**. Mesin ini yang dioperasikan pada tahun 1940, dapat dikontrol dengan remote dan dapat melakukan operasi aritmatik dengan dua angka. Model II dan III dibuat untuk memecahkan masalah militer dan dioperasikan berturut-turut pada tahun 1943 dan 1944, secara respektif. Model IV dapat menangani fungsi trigonometri, seperti sinus dan tangen. Model V terdiri atas 9000 relay dan 50 peralatan Teletype, mempunyai berat 10 ton dan memerlukan tempat 1000 kaki persegi. Model VI, adalah yang terakhir, dibuat untuk penggunaan pribadi Bell Laboratory dan diutamakan untuk banyak perbaikan, termasuk unit penyimpanan **magnetic tape**.

1941. Komputer relay telah dibuat di Jerman pada tahun 1941 oleh Konrad Zuse. Komputer ini disebut dengan Z3, operasi logisnya dapat diubah dengan mengubah interkoneksi di antara relay-relay tersebut. Z3 merupakan komputer **general-purpose program-contolled** yang pertama.

1.3 EVOLUSI SISTEM KOMPUTER ELEKTRONIK

Komputer mekanik mempunyai dua kekurangan yang serius: kecepatan komputer dibatasi kelambanan gerak bagian-bagiannya, dan transmisi informasi oleh alat mekanik (gir, pengungkit, dan sebagainya) yang tidak praktis dan tidak dapat diandalkan. Pada elektronik komputer, secara kontras, **bagian yang berpindah** merupakan elektron, dan suatu informasi dapat ditransmisikan dengan arus listrik pada kecepatan mendekati kecepatan cahaya (300.000 km/detik). Pada tahun 1906 **tabung vakum triode** ditemukan oleh Lee de Forest, yang memungkinkan adanya perubahan signal elektrik pada kecepatan yang melebihi bagian mekanik

yang lain. Penggunaan teknologi tabung vakum ditandai dengan dimulainya era elektronik pada rancangan komputer.

Pada lima dekade sejak tahun 1940, industri komputer telah mengalami empat generasi pengembangan. Tiap generasi komputer ditandai dengan perubahan kecepatan pada implementasi pembuatan bloknya: dari relay dan tabung vakum (tahun 1940-an — tahun 1950-an), diode dan transistor (tahun 1950-an — tahun 1960-an), sirkuit skala kecil dan skala medium yang diintegrasikan (SSI/MSI) (tahun 1960-an — tahun 1970-an), pada skala besar dan skala yang sangat besar yang diintegrasikan (LSI/VLSI) (tahun 1970-an — tahun 1980-an). Dengan meningkatnya kecepatan dan kemampuan serta menurunnya harga perangkat keras dan ukuran fisik telah meningkatkan unjuk kerja komputer. Namun demikian, alat yang lebih baik bukanlah faktor yang menunjang agar mempunyai unjuk kerja yang tinggi. Pembagian generasi sistem komputer ditentukan oleh teknologi peralatan, arsitektur sistem, model pemrosesan, dan bahasa pemrograman yang digunakan. Kita sekarang berada pada generasi yang keempat (tahun 1989); generasi yang kelima belum mempunyai materi, tetapi para peneliti telah bekerja untuk itu.

Generasi pertama: Kira-kira 1943 - 1956

Komputer generasi pertama berbentuk sangat besar dan kurang canggih. Komputer ini menggunakan tabung vakum untuk mengontrol operasi internal, menimbulkan suhu yang sangat panas, dan membutuhkan tempat yang luas. Meskipun komputer generasi pertama mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan peralatan mekanik maupun elektromekanik sebelumnya, komputer tersebut sangat lamban bila dibandingkan dengan komputer yang ada sekarang ini, dan kapasitas penyimpanan internalnya sangat terbatas.

Punched card digunakan untuk memasukkan data ke dalam komputer. Lubang-lubang dipukul sesuai dengan skema kode (seperti kartu Hollerith), dan mesin pembaca kartu (*card reader*) digunakan untuk menerjemahkannya ke dalam **bahasa mesin** agar dapat dimengerti oleh komputer. Informasi bahasa mesin sering disimpan dalam **magnetic drum**, silinder yang dilapisi oleh material magnetik, yang berputar dengan kecepatan tinggi. **Read/write heads** yang digantung di atas permukaan putaran drum menulis pada drum dengan noda kecil bermagnet atau membacanya dengan menginterpretasikan noda magnetik yang telah ada. Angka-angka dimanipulasi oleh komputer menurut instruksi atau program yang diberikan. Hasil operasi ini akan ditulis ke dalam kartu kosong, yang kemudian akan dapat dibaca oleh manusia.

Hanya bahasa mesin berkode biner yang digunakan dalam komputer terdahulu. Dengan harga perangkat keras yang mendominasi pengembangan komputer generasi pertama, penggunaan perangkat lunak sistem yang meringankan pemakai dari program tingkat rendah dimulai.

1943. Selama tahun 1940 dan 1941, Atanasoff dan Berry bertemu John W. Mauchly dan menunjukkan kepadanya pekerjaan mereka. Mauchly, yang bekerja pada Moore School of Electrical Engineering of the University of Pennsylvania, kemudian mulai membuat formula idenya sendiri atas bagaimana **general-purpose computer** seharusnya dibuat. Ide Mauchly kemudian sampai pada perhatian J. Presper Eckert, Jr., seorang mahasiswa lulusan dari Moore School, dan tim Mauchly dan Eckert dibentuk. Pada tahun 1943 mereka merancang komputer elektronik pertamanya, ENIAC (Electronic Number Integrator dan Calculator). Komputer ini menggunakan 140 kilowatt listrik dan terdiri atas kurang lebih 18.000 tabung vakum, 70.000 resistor, dan 10.000 kapasitor, membutuhkan tempat 1.500 kaki persegi, dan mempunyai berat 30 ton. Elemen-elemen komputer terdiri atas banyak komponen yang dirangkai dengan jutaan hubungan yang telah disolder. Sistem I/O terdiri atas pembaca dan penulis kartu (*card reader* dan *card punches*) IBM yang telah dimodifikasi. ENIAC mempunyai kapasitas media penyimpanan yang terbatas yaitu hanya 20 angka digit (yang memerlukan 12 tabung vakum untuk menyimpan satu digit desimal), menggunakan clock 100 kilohertz, dan dapat melakukan 5000 proses penjumlahan atau 300 proses perkalian per detik. Dengan standar yang ada sekarang ini ENIAC berjalan sangat lambat, namun demikian, ketika tiba pada tahun 1946, komputer ini menggambarkan kemajuan besar dalam kemampuan berhitung. Ini merupakan penolong, untuk lebih baik atau lebih buruk, dalam membawa dunia ke abad atom.

1944. Harvard mark I diperkenalkan.

1945. Dr. John von Neumann telah merekomendasi laporan penyelidikan bahwa sistem angka biner, yang hanya menggunakan digit 0 dan 1, dapat diterapkan pada rancangan komputer. Dia juga mengusulkan bahwa instruksi yang mengontrol komputer, termasuk data, harus disimpan **dalam** komputer. ED-SAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator), yang dibuat di Cambridge University pada tahun 1949, merupakan komputer pertama yang menggabungkan ide-ide tersebut. Komputer ini tidak lebih cepat dari ENIAC, tetapi komputer ini menggunakan sistem angka biner, dan instruksinya disim-

pan secara internal. Instruksi-instruksi ini disebut program, oleh karena itu disebut **stored-program**.

Komputer yang sejenis, yang disebut **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), diawali di University of Pennsylvania. Komputer ini merupakan mesin kedua yang dirancang oleh tim Mauchly-Ekert. Diselesaikan pada tahun 1952, EDVAC berbentuk lebih kecil, dan lebih canggih, serta lebih fleksibel dibandingkan dengan ENIAC. EDVAC dirancang agar menjadi mesin *stored-program* (mesin yang memiliki instruksi-instruksi yang disimpan secara internal) yang benar-benar menggunakan angka biner untuk semua instruksi dan data. Memerlukan tempat 140 kaki persegi dan terdiri atas kurang lebih 5900 tabung vakum, komputer ini dapat melakukan penambahan dalam 854 mikrodetik dan perkalian dalam 2,9 milidetik.

Kurang lebih pada waktu yang sama, Massachusetts Institute of Technology (M.I.T) ditetapkan untuk membuat simulasi angkatan udara untuk operasi penerbangannya. Proyek ini menghasilkan konstruksi komputer yang disebut dengan **whirlwind**, yang selesai dibuat pada tahun 1951. **Whirlwind** mungkin merupakan komputer pertama yang dirancang dengan aplikasi **real time** yang eventual dalam pikiran kita. Terdiri atas 5000 tabung vakum, dapat melakukan penjumlahan dalam 3 atau 4 mikrodetik dan perkalian dalam 17 hingga 18 mikrodetik. Whirlwind telah terbukti sebagai mesin yang dapat diandalkan, dan banyak ide yang ada di dalamnya dijumpai pada komputer modern. Yang paling penting adalah **magnetic core memory**.

1946. Mesin lain yang berbasis pada arsitektur von Neumann adalah komputer **IAS** yang dimulai di Princeton pada tahun 1946, tetapi tidak selesai dibuat sampai tahun 1952. Mesin ini dikembangkan di bawah arahan langsung von Neumann, yang merupakan mesin *stored-program* yang terdiri atas 2300 tabung vakum. Komputer ini dapat melakukan penjumlahan dalam waktu 62 mikrodetik, dan perkalian dalam waktu 720 hingga 990 mikrodetik, dan pembagian dalam waktu 1.2 mili detik. Banyak mesin mencontoh komputer IAS, termasuk **ILLIAC** (University of Illinois) dan **WEIZAC** (Weizman Institute di Israel).

1947. **SSEC** (Selective Sequence Elektronik Calculator) ditempatkan di IBM New York World Headquarters pada tahun 1947 dan digunakan hingga tahun 1952. Mesin ini mempunyai kecepatan 100 kali lebih cepat dibandingkan dengan Harvard Mark I. Kira-kira pada waktu yang sama, IBM membuat suatu mesin yang dapat mengalikan angka enam digit dengan penghitungan pulsa

elektronik. Mesin ini, yang merupakan mesin tabulasi sederhana dihubungkan dengan beberapa tabung vakum, dikenal sebagai IBM 603 multiplier elektronik.

1948. IBM 604 Mesin Electronic Calculating Punch Card hadir. Mesin ini dapat membaca kartu punch, dapat menjalankan operasi aritmatika, dan menuliskan hasilnya pada kartu. Mesin ini diprogram dengan *plugboard* dan bukan merupakan mesin *stored-program*. Mesin ini mempunyai lebih dari 1400 tabung vakum untuk melakukan operasi aritmatik yang menggunakan register elektronik.

1950. SEAC (Standards Eastern Automatic Computer) merupakan komputer *stored-program* pertama yang dioperasikan di Amerika Serikat. Dibuat oleh National Bureau of Standard di Washington D.C., komputer ini menggunakan **mercury delay lines** sebagai memori dan dioperasikan dalam beberapa dekade.

ERA 1101, yang dibuat oleh Engineering Research Associates of St. Paul, Minnesota, merupakan komputer pertama yang menggunakan **magnetic drum** sebagai memori utamanya sebagai pengganti dari *mercury delay lines*. Komputer ini mempunyai kapasitas 16.384 word. Banyak komputer lain yang menggunakan drum magnetik sebagai memori utamanya dibuat selama periode tahun 1950-1955.

1951. UNIVAC (Universal Automatic Computer) diperkenalkan. Mesin ini dibuat oleh National Bureau of Standard dan digunakan Census Bureau untuk sensus tahun 1950. Komputer ini dirancang oleh tim Mauchly-Ekert, yang menggunakan *mercury delay lines* sebagai memorinya, dan merupakan komputer *stored-program* komersial pertama. UNIVAC-1 diproduksi sebanyak 48 unit. Sebelum UNIVAC-1 muncul, 60 komputer elektronik lain telah diproduksi. Komputer-komputer tersebut tidak ada yang sama dan tidak ada program untuk komputer tersebut yang saling kompatibel tanpa memodifikasinya, atau bahkan merancang ulang komputer tersebut.

Sampai pada pokok bahasan ini, komputer digunakan, hampir semua, untuk tujuan sains. Komputer masuk dalam bisnis dunia ketika UNIVAC-1 muncul pada General Electric Company pada tahun 1941. Dengan UNIVAC-1, penerapan yang lebih cepat dan kemampuan perhitungan yang lebih luas dibandingkan dengan problem sains menjadi kenyataan. UNIVAC-1 menjadi terkenal pada tahun 1952 ketika digunakan untuk menebak—secara tepat—kemenangan dari Dwight D. Eisenhower pada pemilihan presiden.

1953. Komputer IBM 701, adalah komputer sains skala besar yang menggunakan Williams tabung memori elektrostatik yang didukung oleh drum magnetik.

Mesin ini mempunyai kemampuan aritmatika biner **paralel** dan mempunyai kecepatan yang lebih cepat dibandingkan dengan UNIVAC untuk perhitungan sains.

Komputer drum magnetik IBM 650 muncul. Drum ini dapat menyimpan 2000 word dalam sepuluh digit dan berputar pada kecepatan 12.500 putaran per menit. Komputer ini mempunyai kartu IBM untuk input dan output tetapi menggunakan *stored-program*, yang dibaca dari kartu tersebut. Karena IBM mendominasi pasar kartu, lebih dari 1000 komputer IBM 650 diperbaiki.

1955. IBM memperkenalkan IBM 702, yang merupakan komputer skala besar pertama yang dirancang untuk tujuan bisnis. IBM 702 ini mempunyai berat 24.600 pound, terdiri atas kurang lebih 5000 tabung vakum, dan memerlukan AC (Air conditioning) yang kuat untuk mendinginkan ruangan di mana komputer ini dioperasikan. Sebenarnya, hanya sedikit komputer semacam ini yang diproduksi. Segera setelah IBM mengumumkan yang terbaru, mesin yang lebih unggul, yaitu IBM 704, maka 702 turun dari pasar.

1956. IBM 704, pertama kali ditawarkan pada tahun 1956, hampir memonopoli komputer sains skala besar IBM. Komputer ini dapat menangani 91 instruksi, dan dapat melakukan penjumlahan dalam waktu 24 mikrodetik, dan melakukan perkalian atau pembagian dalam waktu hanya 240 mikrodetik.

Ringkasan Komputer Generasi Pertama

Mesin generasi pertama yaitu pada awal tahun 1950-an, hampir semuanya diprogram dalam bahasa mesin. Bahasa mesin ini terdiri atas string nol dan satu yang beraksi sebagai instruksi pada komputer, menentukan suatu keadaan elektrik yang diinginkan dari sirkuit internal dan bank memori. Menulis program bahasa mesin sebenarnya tidak praktis, membosankan, dan banyak memakan waktu. Untuk membuat program lebih mudah, **bahasa simbol** (*symbolic languages*) dikembangkan. Bahasa semacam ini memungkinkan suatu instruksi ditulis dengan kode simbol (disebut **mnemonics**, atau pertolongan memori), bukannya string satu dan nol. Instruksi simbol kemudian diterjemahkan ke dalam kode biner yang berhubungan (instruksi bahasa mesin). Program pertama, atau instruksi, yang mengatakan pada komputer bagaimana melaksanakan terjemahan tersebut, dikembangkan pada tahun 1952 oleh Dr. Grace M Hopper pada University of Pennsylvania (ia juga menolong pembuatan bahasa COBOL, bahasa **official** dari komputerisasi pemerintah Amerika Serikat). Setelah melalui terobosan semacam ini, hampir semua komputer generasi pertama diprogram dalam bahasa simbol.

Komputer generasi pertama mempunyai **central processing unit (CPU)** yang terdiri atas serangkaian register kecepatan tinggi yang digunakan untuk menyimpan data secara sementara, instruksi, dan pengalamatan memori. **Control Unit** men-*decode* instruksi, mengirim informasi melalui sistem, dan memberikan signal waktu. Instruksi-instruksi diambil dan dilaksanakan dalam dua langkah berurutan yang disebut dengan **fetch cycle** dan **execution cycle**. Secara bersama-sama membentuk **instruction cycle**.

Komputer generasi pertama mempunyai banyak kekurangan dalam rancangan, termasuk:

- Operasi kontrol I/O yang tidak efisien yang menghasilkan unjuk kerja keseluruhan sistem yang buruk.
- Skema modifikasi pengalamatan yang tidak efisien.
- Karena instruksi diorientasikan pada perhitungan angka, pemrograman non-angka dan problem logis menjadi sulit.
- Tidak adanya fasilitas linking program, seperti instruksi untuk memanggil subrutin yang secara otomatis menyimpan alamat program pemanggil.
- Aritmatika *floating point* tidak diimplementasikan, khususnya karena harga perangkat keras yang diperlukan.

KARAKTERISTIK KOMPUTER GENERASI PERTAMA

- Penggunaan tabung vakum dalam sirkuit elektronik dan *mercury delay lines* sebagai memori.
- Drum magnetik sebagai media penyimpanan internal utama.
- Kapasitas penyimpanan utama yang terbatas (1000-4000 byte).
- Pemrograman bahasa simbol tingkat rendah.
- Problem panas dan pemeliharaan.
- Aplikasi: perhitungan sains, pemrosesan payroll, penyimpanan record.
- Waktu siklus: milidetik
- Harga: \$5 per operasi *floating-point*.
- Kecepatan pemrosesan: 2000 instruksi per detik.

Generasi kedua: 1957 - 1964

Ilmuan-ilmuan Bell Telephone Laboratories, yang dipimpin oleh John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley, mengembangkan **junction transistor** pertama pada tahun 1948. Keuntungan potensial dari transistor dibandingkan

dengan tabung vakum hampir sebesar tabung vakum atas relay. Dengan penemuan transistor membuat komputer lebih menyebar luas karena ketergantungannya, ukurannya yang kecil, dan memerlukan tenaga yang lebih rendah. Oleh karena itu, generasi kedua ditandai dengan perubahan dari teknologi tabung vakum ke transistor. Ada beberapa pengembangan penting yang terjadi. Komputer generasi kedua mempunyai kecepatan yang lebih cepat, mempunyai kapasitas penyimpanan yang lebih besar, dan membutuhkan tenaga yang lebih sedikit untuk pengoperasiannya. Tabung sinar katode dan *delay line memory* dari komputer generasi pertama digantikan oleh **ferrite cores** sebagai media penyimpanan internal utama. *Core* merupakan ring kecil yang terbuat dari material magnetik yang dililitkan oleh sebuah kawat. Arus listrik yang melewati kawat bermagnet ini akan menghasilkan keadaan ON atau OFF. Dengan cara ini, sekelompok core menyimpan instruksi dan data yang dapat disimpan dan dipanggil untuk pemrosesan dalam waktu beberapa milidetik — lebih cepat daripada penyimpanan drum magnetik.

Pada banyak sistem generasi kedua, memori utama dari komputer ditambah dengan menggunakan pita magnetik sebagai media penyimpanan **external** atau **auxiliary**. Dengan menggantikan punched card atau punched paper, pita ini meningkatkan kecepatan pemrosesan I/O. Perubahan penting lain yang terjadi selama periode ini adalah dikembangkannya media penyimpanan **disk magnetic**, perangkat keras modular, dan peningkatan peralatan I/O. Keuntungan utama dari media penyimpanan disk adalah media penyimpanan ini memungkinkan pemakai untuk mencari rekaman tertentu pada serangkaian disk dengan kecepatan tinggi. Tidak seperti dalam pita magnetik, suatu rekaman pada disk tidak harus diproses secara berurutan. Komputer dapat langsung membaca rekaman yang diinginkan tanpa harus membaca rekaman sebelumnya. Oleh sebab itu disk memungkinkan akses rekaman dalam file secara langsung atau acak.

Konsep perangkat keras modular mencakup penggunaan pendekatan pembuatan blok pada rancangan sirkuit elektronik. Dengan pendekatan ini modul yang lengkap (*breadboards*) dapat diganti, sehingga mempermudah tugas pemeliharaan. Peningkatan peralatan I/O dapat dilihat pada kecepatan pencetakan yang lebih cepat dan deteksi dan koreksi kesalahan I/O secara otomatis. Kemajuan akan ini memungkinkan peralatan dihubungkan secara langsung (*online*) dengan komputer tanpa mengurangi keefisienan sistem yang penting. **Prosesor I/O** khusus diperkenalkan untuk mengawasi operasi I/O, sehingga membebaskan CPU dari fungsi-fungsi yang banyak membutuhkan waktu. Penggunaan perangkat keras **register index** dan **floating-point arithmetic** menjadi meluas.

Bersamaan dengan perbaikan perangkat keras, komputer generasi kedua juga ditandai dengan perbaikan bahasa pemrograman lebih lanjut. Komputer generasi kedua sering menggunakan **bahasa tingkat tinggi** (*high-level language*) untuk menginstruksikan komputer bagaimana komputer tersebut dapat melakukan pemrosesan. Bahasa tingkat tinggi yang mirip dengan bahasa Inggris lebih mudah digunakan dibandingkan dengan bahasa symbol. Bahasa tingkat tinggi pertama yang dapat diterima secara luas adalah **FORTRAN** (Formula Translator), yang dikembangkan pada pertengahan tahun 1950-an oleh IBM. Versi bahasa yang dikenal sebagai FORTRAN IV diberi standar pada tahun 1963 dan masih digunakan secara luas untuk aplikasi sains. Karena FORTRAN masih memiliki banyak kekurangan untuk pemrosesan data bisnis, maka pada tahun 1961 dikembangkan bahasa yang disebut **COBOL** (Common BUSSINES-oriented Language). Bahasa ini sanggup memproses sejumlah besar transaksi bisnis dengan mudah. Pada tahun 1960 **ALGOL** (algorhithmic Language) dan **APL** (A Programming Language) dikembangkan sebagai bahasa sains. Dengan bahasa-bahasa ini, perusahaan komputer mulai menyediakan sistem perangkat lunak seperti kompiler, *subroutine library*, dan *batch monitor*.

1954. Komputer digital pertama yang menggunakan transistor, **TRADIC**, dibuat oleh BELL Laboratories.

1958. Komputer National Cash Register NCR 304 muncul. Komputer ini merupakan komputer digital yang menggunakan transistor komersil pertama.

1960. IBM 1401 diperkenalkan, dan beribu-ribu komputer yang menggunakan transistor telah terjual. IBM juga mengeluarkan 7090, suatu komputer sains yang menggunakan transistor yang menggunakan memori penyimpanan magnetik dengan lebih dari 32.000 word 36-bit.

TRANSAC S-2000 dibuat oleh Philco Corporation. Ini merupakan komputer digital skala besar, untuk sains, mempunyai program yang disimpan secara internal, yang menggunakan transistor dengan media penyimpanan magnetik. **CDC 1604** dikeluarkan oleh Control Data Corporation. Komputer ini menggunakan panjang word 48-bit.

Sistem komputer **ATLAS** dibuat di University of Manchester, Inggris. Sistem ini menggunakan teknik untuk melakukan *overlay* program secara otomatis yang sekarang dikenal dengan **memori virtual**. Dengan memori utama yang menjadi lebih besar dan murah, konsep memori virtual dikembangkan untuk memberi fasilitas **multiprogramming**.

1960-1961. Komputer UNIVAC LARC (Livermore Atomic Research Computer) dan IBM 7030 (STRETCH) diperkenalkan. Mesin-mesin yang saling bersaing ini merupakan komputer besar yang menggunakan transistor pada saat itu. Hanya dua LARC dan delapan mesin STRETCH diproduksi, yang berperan sebagai mesin percobaan untuk beberapa ciri-ciri yang ditemukan pada komputer generasi ketiga.

1964. Komputer CDC 6600 diperkenalkan di Livermore AEC Laboratory. Mesin ini tiga kali lebih unggul dibandingkan dengan komputer IBM 7030. Komputer ini dapat melakukan rata-rata lebih dari tiga juta instruksi per detik dan mencapai kecepatan yang efektif ini dengan arsitektur paralelnya, yang memiliki unit aritmatik dan logikal ganda serta menggunakan sepuluh komputer kecil untuk operasi I/O.

Ringkasan Komputer Generasi Kedua

Komputer generasi kedua berciri-ciri pada konsep aplikasi terdahulu seperti **inter-leaving** (perbedaan pengalamatan di antara beberapa modul memori independen), pengalamatan langsung dan skema **pengalamatan efektif**. Komputer-komputer ini mempunyai instruksi yang relatif besar, termasuk:

1. Instruksi untuk mentransfer informasi antara CPU dan memori atau antara register CPU.
2. Fixed-point termasuk instruksi arithmetic floating-point.
3. Instruksi Logikal (nonnumerik).
4. Instruksi untuk memodifikasi register indeks.
5. Instruksi cabang kondisional dan non-kondisional dan instruksi pengatur hubungan.
6. Operasi input/output untuk mentransfer data antara peralatan I/O dan memori utama.

Ciri-ciri yang penting pada mesin mesin generasi kedua adalah tersedianya instruksi khusus untuk mentransfer kontrol di antara program-program yang berbeda, seperti dalam pemanggilan subrutin. Prosesor I/O akan mengawasi arus informasi antara media penyimpanan utama dan peralatan I/O. Mesin ini bekerja demikian dengan mengeksekusi **program I/O** khusus, yang terdiri dari instruksi I/O dan disimpan pada memori utama.

Pengembangan penting lain dari komputer generasi kedua adalah **batch processing**. Pada sistem generasi pertama, tiap pekerjaan pemakai dilakukan secara terpisah-pisah, dan komputer harus dihentikan dan dipersiapkan secara manual untuk setiap program baru. Dengan pengembangan peralatan I/O yang terjadi pada komputer generasi kedua, maka memungkinkan untuk mempersiapkan sekumpulan pekerjaan lebih dahulu, menyimpannya ke dalam pita rekaman, dan kemudian komputer memprosesnya secara berurutan, menempatkan seluruh hasilnya pada pita magnetik yang lain. Model operasi semacam ini disebut *batch processing*. Komputer pembantu yang kecil digunakan untuk memproses pita magnetik input dan output.

Sistem pada generasi kedua juga menyediakan teknik pemrosesan paralel dalam dua bentuk:

1. Pengambilan dan pelaksanaan instruksi secara bersamaan dalam program tunggal.
2. Eksekusi program yang berbeda secara bersamaan—sistem CPU tunggal yang dapat mengeksekusi lebih dari satu program (*multiprogramming*).

KARAKTERISTIK KOMPUTER GENERASI KEDUA

- Menggunakan transistor untuk operasi internal.
- Magnetic core sebagai media penyimpanan internal utama.
- Mempunyai kapasitas penyimpanan yang lebih banyak (4K-32K byte).
- I/O lebih cepat: orientasi pita.
- Mempunyai bahasa pemrograman tingkat tinggi (COBOL, FORTRAN, ALGOL).
- Penurunan yang besar dalam ukuran dan panas yang dihasilkan.
- Peningkatan kecepatan dan keandalan.
- Aplikasi berorientasi-batch: billing, pemrosesan gaji, pemutakhiran file inventori.
- Waktu siklus: mikrodetik.
- Biaya: 50 sen per operasi floating-point.
- Kecepatan pemrosesan: 1 juta instruksi per detik (mips).

Generasi Ketiga: 1965 – 1971

Tahun 1965 mungkin dapat dikatakan sebagai tahun permulaan generasi komputer yang ketiga, tetapi perbedaan antara generasi yang kedua dan ketiga tidak terlihat jelas. Perkembangan yang penting adalah sebagai berikut:

1. **Integrated Circuit (IC)** mulai menggantikan sirkuit transistor yang digunakan dalam mesin-mesin generasi kedua, yang mengakibatkan penurunan ukuran dan biaya.
2. **Memori semiconductor (IC)**, mulai berkembang dan menggantikan pusat ferrite core dalam rancangan memori utama.
3. Teknik yang disebut dengan **microprogramming** digunakan secara luas untuk menyederhanakan rancangan prosesor dan meningkatkan fleksibilitasnya.
4. Berbagai teknik pemrosesan secara paralel diperkenalkan, termasuk **pipelining**, **multiprogramming**, dan **multiprocessing**. Teknik ini mempunyai tujuan untuk meningkatkan kecepatan yang efektif di mana serangkaian program dapat dieksekusi.
5. Metode penggunaan fasilitas dan sumber daya sistem komputer secara bersama-sama (seperti prosesor dan memori) dikembangkan. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan penggunaan sumber daya terutama memori.
6. Komputer digital pertama dengan biaya kurang dari \$100.000 dikeluarkan.

Awal tahun 1960-an merupakan tahun diperkenalkannya IC, yang menggabungkan ratusan transistor ke dalam chip silikon tunggal. Chip itu sendiri berukuran sangat kecil. Dengan IC, komputer dapat dibuat menjadi lebih kecil, lebih mahal dan lebih handal. Teknik **small-scale integration (SSI)** menjadi titik awal komputer generasi ketiga yang kemudian diikuti dengan sirkuit **medium-scale integration (MSI)** yang dikenal sebagai *multilayered printed circuit board*.

Akhir tahun 1960-an, IC mulai digunakan sebagai memori utama. Kini memori IC telah menggantikan memori magnetic core (kecuali beberapa mesin terdahulu masih menggunakannya). Disk magnetik mulai menggantikan tape magnetik sebagai memori pembantu. Saat ini disk magnetik mendominasi teknologi untuk memori pembantu dan teknologi lain, **magnetik bubbles** telah hilang dari pasaran.

Kemajuan terbaru dalam teknologi komputer datang bersama dengan dikenalnya sirkuit **large-scale integrated (LSI)**. IC terdahulu mengandung ratusan transistor sedangkan yang baru ini mengandung ribuan, puluhan ribu atau bahkan ratusan ribu transistor.

Tahun 1964 IBM mengumumkan seri enam komputer yang disebut System 360 dan ribuan mesin seperti ini diproduksi. Dengan IBM 360, mikroprogramming diperkenalkan untuk menjamin kompatibilitas set instruksi di antara mesin-mesin tersebut. Tidak lama kemudian, RCA mengumumkan seri mesin Spectra 70 yang hampir kompatibel dengan jajaran IBM 360. Tetapi pada tahun 1970 RCA Corpo-

ration menarik komputer tersebut dari pasar setelah mengalami kerugian jutaan dolar karena mencoba bersaing dengan IBM.

Jajaran komputer generasi ketiga lain, seri GE 600, dibuat oleh General Electric Company. Karena komputer sains ini tidak menguntungkan, pada tahun 1970 divisi komputer GE dijual kepada Honeywell Computer Division untuk membentuk Honeywell Information System.

Burroughs Corporation, yang memproduksi komputer generasi kedua, sekarang menawarkan jajaran komputer teratasnya, yaitu mesin 5500, 6600, 7500 dan 8500. Univac, yang telah kalah dengan IBM dalam memimpin industri komputer, memproduksi komputer sains, UNIVAC 1108. Pada tahun 1968 National Cash Register (NCR) mengumumkan komputer bisnisnya, yaitu Century System.

Banyak perusahaan yang lebih kecil juga mengumumkan komputer generasi ketiga. Digital Equipment Corporation (DEC) memproduksi ribuan komputer mini. Pada tahun 1963 komputer mini pertama untuk komersial, DEC PDP-8, diproduksi. Tahun 1965 komputer ini digantikan oleh PDP-8 yang sangat sukses.

Rancangan komputer besar yang dimulai dengan mesin LARC dan STRETCH berlanjut. Control Data Corporation (CDC) memproduksi seri mesin besar yang dimulai dengan CDC 6600 pada tahun 1964 dan dilanjutkan dengan 7600 pada tahun 1969 dan yang berikutnya seri CYBER. Mesin-mesin ini berciri-ciri memiliki banyak prosesor yang masing-masing memiliki otonomi. Sebagai tambahan, setiap CPU dibagi menjadi beberapa unit prosesing yang berdiri sendiri yang dapat dioperasikan secara bersamaan. Organisasi CPU yang disebut **pipelining** digunakan untuk mencapai pemrosesan yang sangat cepat pada beberapa komputer seperti CDC STAR-100 (String Array Computer) dan Texas Instruments ASC (Advanced Scientific Computer). Komputer lain, ILLIAC IV (Illinois Automatic Computer) dirancang di University of Illinois. ILLIAC IV memiliki 64 Unit Logik-Aritmatik (ALU) yang terpisah (yang disebut elemen pemrosesan), semuanya diawasi oleh Unit Kontrol dan semuanya dapat beroperasi secara bersamaan.

Pada tahun 1970 IBM mengumumkan seri komputer baru yang disebut System 370. Mesin-mesin ini menggunakan IC dan kompatibel dengan program-program System 360. Burroughs Corporation memperkenalkan jajaran mesin baru, yaitu komputer 5700, 6700 dan 7700. Univac mengumumkan komputer baru, yaitu UNIVAC 110 dan CDC memperkenalkan seri komputer CYBER 70. Honeywell Information System mengumumkan lanjutan jajaran komputer GE, yaitu System 6050, 6060, 6070 dan 6080.

Ringkasan Komputer Generasi Ketiga

Peningkatan penting yang terjadi pada generasi ketiga adalah:

- Kapasitas penyimpanan yang lebih besar.
- Program serbaguna yang mengerjakan tugas-tugas secara otomatis yang sebelumnya dikerjakan oleh manusia.
- Kompatibilitas komponen-komponen yang memudahkan pengembangan sistem komputer.
- Kemampuan untuk mengerjakan operasi secara serempak.
- Kemampuan untuk mengerjakan proses yang lebih rumit dibandingkan proses batch yang sederhana. Sistem operasi **time-sharing** mulai digunakan setelah tahun 1960-an. **Memori virtual** dikembangkan dengan menggunakan sistem memori terstruktur secara hirarki.
- Kemampuan untuk menangani aplikasi-aplikasi bisnis dan sains dalam mesin yang sama.

Penemuan lain dalam generasi ketiga adalah **terminal remote** yang ditempatkan di tempat berbeda-beda dan digunakan untuk berhubungan secara langsung dengan komputer pusat. Melalui terminal-terminal ini, banyak pemakai dapat berhubungan dengan komputer pusat pada saat yang sama dan menerima hasil yang hampir seketika itu juga yang disebut lingkungan *time-sharing*.

CIRI-CIRI KOMPUTER GENERASI KETIGA:

- Menggunakan sirkuit terintegrasi.
- Magnetic Core dan penyimpanan utama yang padat (32K-3M byte).
- Lebih fleksibel dengan I/O; berorientasi disk.
- Ukuran lebih kecil, unjuk kerja lebih baik dan handal.
- Penggunaan bahasa pemrograman tingkat tinggi lebih luas.
- Munculnya komputer mini.
- Pemrosesan jarak jauh dan *time-sharing* melalui jaringan komunikasi.
- Tersedianya perangkat lunak sistem operasi untuk mengontrol I/O dan melakukan banyak pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan oleh manusia.
- Aplikasi: sistem reservasi perusahaan penerbangan, peramalan pasar, **billing** kartu kredit.
- Waktu siklus: nanodetik.
- Biaya: 5 sen per operasi floating-point.
- Kecepatan pemrosesan: 10 mips.

Generasi Keempat: 1972 sampai kira-kira 1989

Pada tahun 1971 IBM memulai mengeluarkan komputer System 370. Komputer jenis ini, dan jenis lainnya yang dikembangkan oleh beberapa perusahaan komputer besar lain pada tahun 1970-an, digabungkan secara selektif seperti memori semikonduktor, sistem operasi diagnosa-sendiri, penggunaan teknik penyimpanan virtual yang menyebar, dan lebih lanjut miniatur melalui sirkuit LSI.

Komputer generasi keempat menawarkan unjuk kerja yang penting dan harga bersaing dengan mesin generasi ketiga. Komputer generasi keempat ini lebih kecil, seperti telah dibuktikan dengan adanya **mikrokomputer**, dengan sirkuit LSI yang ditempatkan oleh sirkuit **VLSI** (*very large scale integration*) dan **VHSIC** (*very high speed integrated circuit*).

Penyempurnaan penampilan pada sistem komputer sekarang ini mencakup kecepatan, keandalan yang besar, dan kapasitas penyimpanan mendekati jutaan karakter. Penekanannya adalah pada kemudahan penggunaan dan aplikasi, dengan mesin yang sering disebut dengan *user-friendly*. Hampir semua sistem mempunyai kemampuan untuk berkomunikasi; adanya remote input dan output melalui saluran komunikasi seperti jalur telepon biasa. Penggunaan seperti layar TV sudah menjadi umum.

Juga dikembangkan peralatan penyimpanan data untuk mendapatkan data pada keasliannya dalam bentuk yang sesuai untuk pemrosesan komputer; contoh yang umum adalah peralatan **magnetic ink character reader** (MICRs) dan **optional character recognition** (OCR). Bentuknya sangat sesuai untuk aplikasi seperti proses pemeriksaan suatu bank, termasuk terminal **point-of-sale** (POS) yang menyimpan data tentang transaksi penjualan yang terjadi.

Revolusi komputer yang sebenarnya terjadi pada tahun 1971, ketika Intel Corporation membuat **microprocessor** pertama, yaitu chip 4004. Komputer ini mahal dan digunakan terutama untuk komersial. Pada tahun 1972 dan 1973 Intel memproduksi chip 8008 dan 8080, yang kemudian menjadi dasar bagi keseluruhan industri baru — **komputer personal**. Dengan harga beberapa ratus dolar pada tahun 1974 dan sukar untuk mendapatkannya, 8080 dapat dipesan sekarang dengan harga di bawah \$6.00. Yang lainnya adalah chip Zilog's Z-80 dan milik Intel 8085 dan 8088.

Kira-kira pada waktu yang sama, saat Intel sedang mengembangkan perangkat keras mikrokomputer, unsur penting lainnya dalam perkembangan personal komputer muncul. Bahasa komputer yang sederhana yang disebut **BASIC** (**B**eginners **A**ll-Purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode) dikembangkan oleh John Kemeny dan

Thomas Kurt di Dartmouth College. Kreasi BASIC menyebabkan komputer mudah digunakan bagi orang-orang yang belum pernah berhubungan dengan komputer.

Produk mikrokomputer dan pasarnya berubah pada tahun 1974 ketika Micro Instrument and Telemetry System (MITS) membuat mikrokomputer pertama yaitu **Altair**. MITS memproduksi 1500 unit pada 60 hari produksi pertama dengan harga \$398 per unit. Altair merupakan mikrokomputer komersial pertama yang berhasil, tetapi ketika permintaan meningkat, waktu antara pemesanan dan penerimaannya pun semakin lama. Penudaan waktu yang panjang ini memberikan kesempatan kepada perusahaan lain, di antaranya adalah IMSAI, Southwest Technical Product Corporation, Processor Technology, dan Digital Group. Kemudian beberapa perusahaan besar dan pengecer juga memasarkan komputer personal. Radio Shack, Commodore, Apple, Atari, DEC, IBM, Xerox, NEC, Sharp, Canon, Hitachi, dan lain menawarkan mikrokomputer yang dirancang secara khusus untuk pemula dalam komputer personal—orang-orang yang tidak mempunyai latar belakang elektronik maupun pengetahuan komputer yang dikarakteristikan oleh pembeli dari mesin-mesin generasi kedua. Komputer personal (PC) IBM diperkenalkan pada tahun 1981, yang diikuti oleh Apple's Macintosh.

Dengan peningkatan sejumlah komponen pada chip, mikrosirkuit dapat dikarakteristikan sebagai berikut:

1. Kekomplekan, atau ruang lingkup, dari fungsi-fungsi yang dilakukan oleh chip meningkat.
2. Kecepatan pemrosesan fungsi yang diberikan cenderung meningkat.
3. Tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi yang diberikan menurun.
4. Biaya produksi chip menurun.

Tahun 1980 juga ditandai dengan dimulainya era **superkomputer**. Ciri-ciri superkomputer adalah memiliki kecepatan pemrosesan yang sangat cepat, 20 juta operasi floating-point per detik (Mflops), dan terutama digunakan untuk memecahkan problem yang sangat kompleks dan memerlukan perhitungan yang intensif. Bahasa tingkat tinggi berkembang untuk menangani data skalar dan vektor. Kebanyakan sistem operasinya *time-sharing* dan menggunakan memori virtual. Kompiler secara vektor muncul pada generasi kedua mesin vektor, seperti Cray-1 (1976) dan CYBER-205 (1982). Mainframe dan superkomputer berkecepatan tinggi dirancang sebagai sistem multiprosesor seperti UNIVAC 1100/80, Amdahl 570, Intel 8748, Fujitsu M 382, IBM 370/168 MP, IBM 3081 (1980), Burroughs

B-7800, dan Cray X-MP (1983). Pipelining dan multiprosesing sangat diperhatikan dalam superkomputer komersial seperti superkomputer ETA¹⁰ (1988).

KARAKTERISTIK KOMPUTER GENERASI KEEMPAT

- Menggunakan large-scale integrated circuit.
- Peningkatan kapasitas penyimpanan (lebih dari 3 Mbyte) dan kecepatan.
- Peningkatan dalam rancangan modular dan kompatibilitas antara peralatan (perangkat keras) yang disediakan oleh pabrik yang berbeda.
- Tersedianya program yang canggih untuk aplikasi-aplikasi khusus.
- Kecanggihan peralatan I/O yang meningkat.
- Penggunaan minikomputer, mikroprosesor dan mikrokomputer yang ekstensif.
- Aplikasi: simulasi dan model matematika; transfer data elektronik; perancangan, manufaktur dan instruksi dengan bantuan-komputer; komputer yang digunakan di rumah.
- Biaya 1/100 sampai 1 sen per operasi floating-point.
- Kecepatan pemrosesan: 100 mips sampai 1 bips (milyar instruksi per detik).

1.4 LANJUTAN

Pada awal tahun 1980-an terdapat kesepakatan besar dari diskusi tentang perkembangan kebutuhan akan generasi komputer yang baru. Pada bulan April 1981 dalam suatu proyek riset, yang dikenal sebagai proyek **Fifth Generation Computer System (FGCS)** (Sistem Komputer Generasi Kelima), diumumkan di Jepang oleh Institute for New Generation Computer Technology (ICOT) untuk melanjutkan riset dan pengembangan komputer generasi mendatang.

Perkiraan utama adalah komputer pada tahun 1990-an akan digunakan secara meningkat untuk pemrosesan data nonnumerik seperti **manipulasi simbol** dan menggunakan **inteligensi buatan** (*artificial intelligence*). Aplikasi sistem biasa, seperti perhitungan sains, akan berlanjut digunakan oleh superkomputer, dengan sistem database dan mainframe sekarang ditingkatkan untuk penggunaan jaringan dunia.

Meskipun sistem komputer sekarang berbeda dengan pendahulunya dalam hal biaya, kecepatan, keandalan, organisasi internal dan teknologi sirkuit, arsitektur sistem yang terbaru tidak berkembang jauh dari konsep pada tahun 1950-an. Sementara dugaan seperti mikroprograming, pipelining instruksi, memori cache

dan VLSI menandai perkembangan dalam implementasi arsitektur, hal-hal tersebut di atas lebih merupakan perkembangan organisasi daripada suatu konsep baru dalam arsitektur komputer. Oleh karena itu, perubahan dasar dalam arsitektur dan perangkat lunak komputer sekarang dibutuhkan untuk mendukung komputer tahun 1990-an. Untuk menangani perhitungan nonnumerik, mesin-mesin ini harus berkembang sesuai dengan tujuan secara teknik, yang meliputi:

1. Implementasi mekanisme dasar untuk **kesimpulan, asosiasi, dan pembelajaran** dalam perangkat lunak, membuat kemampuan
2. Persiapan perangkat lunak **inteligensi buatan** dasar untuk penggunaan fungsi-fungsi tersebut dengan kekuatan penuh.
3. Implementasi mekanisme dasar untuk mengambil dan mengatur **dasar pengetahuan** tentang perangkat lunak dan perangkat keras.
4. Pemanfaat keuntungan dari **pengenalan pola** (*pattern recognition*) dan pencapaian riset inteligensi buatan dalam pengembangan *user-oriented human-machine interfaces*.

Pengembangan ini bergantung pada kelanjutan dari evolusi teknologi VLSI, teknik perangkat lunak, dan inteligensi buatan, khususnya **sistem pakar dan teknik berbasis pengetahuan**. Chip VLSI akan digunakan bersamaan dengan rancangan modular *high-density*, dan lebih dari satu milyar operasi floating-point per detik diantisipasi dalam superkomputer masa depan.

Kita masih menghadapi masalah yang penting, seperti biaya pengembangan perangkat lunak yang tinggi, perangkat lunak yang tidak dapat diandalkan, eksekusi yang tidak efisien, ukurang program yang berlebihan, dan kerumitan kompilator dan sistem operasi, semua hal yang merugikan. Dapat diterima alasan dasar timbulnya problem-problem pada sistem sekarang adalah arsitektur yang ada tidak berbeda secara pokok dengan model von Neumann yang hadir pada tahun 1940-an. Hal ini tetap benar meskipun perkembangan teknologi dalam setengah abad ini menghasilkan arsitektur yang mampu merekonfigurasi sumber daya yang tersedia ke dalam komputer-komputer yang berbeda ukurannya, dan juga tipe-tipe arsitektur yang berbeda seperti array, pipelining dan multiprosesor.

Pada masa yang akan datang kita akan menjumpai arsitektur yang lebih baru yang mungkin sangat berbeda dengan arsitektur biasa. Salah satunya adalah **arsitektur aliran data** (*data flow architecture*) yang sekarang muncul. Meskipun mesin berbasis pengetahuan (*knowledge-based*) — yang digunakan untuk menangani kalkulasi matematika yang relatif terbatas dan diperlukan dalam kehidupan

sehari-hari --- akan digunakan secara luas, kalkulasi sains yang berat akan membutuhkan superkomputer. Di samping kedua kelas mesin ini, terdapat pula komputer biasa dengan teknologi yang sangat berkembang untuk aplikasi bisnis, dan juga kelas komputer industri untuk kontrol proses, robotik dan otomatisasi.

Sekarang, teknologi dasar yang dikembangkan untuk sistem generasi kelima ICOT terdiri dari subsistem **inference**, yang dapat belajar, menghubungkan dan menarik kesimpulan seperti yang dilakukan oleh manusia dan subsistem **knowledge**, yang dapat menyimpan informasi dalam database relasional yang besar dan memanipulasinya. Kedua subsistem memiliki interface **intelligent**. Perangkat lunak untuk sistem ICOT akan ditulis dalam versi perluasan dari **PROLOG** (Programming in Logic), bahasa yang ditemukan di University of Aix-Marseille, Perancis, dan dikembangkan oleh peneliti-peneliti di University of Edinburgh, Skotlandia. Di antara perluasan PROLOG yang besar adalah proses yang dilakukan bersamaan, mekanisme modular, interface database relational dan metastruktur. Extended Prolog dari ICOT, bahasa kernel untuk komputer generasi kelima, akan digunakan untuk membuat sistem operasi dan mempersiapkan modul-modul yang berhubungan dengan empat hal berikut:

1. Pemecahan masalah.
2. Manajemen berbasis pengetahuan.
3. Interface inteligen.
4. Pemrograman inteligen.

Fungsi-fungsi utama serupa akan diambil dari **LISP** (List Processing Language), bahasa yang disiapkan oleh komuniti inteligensi buatan Amerika Serikat.

Meskipun tujuan komputer besar adalah mesin inference paralel non-von Neumann, komputer personal akan memiliki arsitektur berbasis mikroprosesor. Pada kenyataannya, komputer personal masa depan akan dirancang oleh arsitektur yang ada sekarang, direalisasikan dalam VLSI, karena harga dan hasil yang memadai, dan akan mempercepat proses program dengan kecepatan tidak kurang dari 20 Klips (satu inference logikal per detik, atau lips, sama dengan 100 sampai 300 instruksi per detik).

Secara ringkas, apa yang akan ditangani kemudian? Generasi baru dalam teknologi komputer akan dikembangkan dalam dekade berikut, berbasis sistem multiprosesor dengan unjuk kerja yang tinggi. Cara yang terbaik untuk mengkonsolidasikan keparalelan dan kebersamaan akan timbul dan sistem inteligen akan mulai memasuki dunia. Problem dasar dari alasan dan pengertian yang dalam

akan didefinisikan lebih baik tetapi mungkin akan berlanjut dengan pengelakaan usaha pemecahannya. Berbagai macam sistem pakar akan muncul dan bentuk keahlian komputer yang terbatas akan mulai terjual di pasar.

Jaringan komunikasi akan memegang peranan penting dalam menghubungkan manusia dan mesin. Eksploitasi yang meningkat dari pengetahuan dalam bentuk mesin yang dapat memproses akan terjadi dan bank pengetahuan strategis akan dibangun untuk menyimpan informasi penting. Teknologi perangkat lunak akan terus mencapai kesempurnaan dengan memberi tekanan pada sistem skala-besar dan pemrograman multiprosesor. Manajemen informasi akan memainkan peran penting dalam sistem ini dengan menekankan pada database terdistribusi dan kemampuan interoperasi.

Aplikasi baru yang lengkap akan muncul; sistem dengan kemampuan sensor dan kemampuan memberikan pertimbangan dasar akan digunakan secara luas dalam industri dan militer. Sistem pakar juga akan membantu dalam pengembangan aplikasi industri dan militer, dan banyak sekali sistem mikrokomputer yang unggul akan berkembang di mana-mana. Semuanya ini akan bergabung dengan peran komunikasi, jaringan area lokal (LAN) dan berbagai tipe sistem terdistribusi.